

**VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky**

**Analýza parametrů sdělovacích kabelů SYKY a SYKFY
The Analysis of Parameters Communication Cables SYKY
and SYKFY**

2017

Jiří Rozkošný

Zadání bakalářské práce

Student:

Jiří Rozkošný

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2601R013 Telekomunikační technika

Téma:

Analýza parametrů sdělovacích kabelů SYKY a SYKFY
The Analysis of Parameters Communication Cables SYKY and SYKFY

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je vypracovat technickou dokumentaci, obsahující protokoly ke každému kabelovému vedení na cívkách v laboratoři Přenosových systémů a médií, stanovení parametrů kabelů SYKY a SYKFY ve frekvenční oblasti do 2,5 MHz a porovnání s katalogovými hodnotami.

Práce bude obsahovat:

1. Rešerši zaměřenou na vyhledání informací obsahující konkrétní příklady hodnot parametrů vedení v odborné literatuře a na porovnání parametrů různých druhů metalických vedení.
2. Zpracování protokolů o měření pro všechny kabelové délky.
3. Stanovení středních hodnot parametrů měřených kabelů SYKY a SYKFY.
4. Modelování parametrů vedení podle modelu British Telecom v oblasti do 2,5 MHz.
5. Porovnání s parametry výrobců kabelů a s doporučením ITU-T G.996.1.
6. Ověření frekvenční závislosti parametrů měřením vlnové impedance vedení.

Seznam doporučené odborné literatury:

ITU-T, 2001. Committed to connecting the world. In: G.996.1 : Test procedures for digital subscriber line (DSL) transceivers [online].2001 [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.996.1/en>

VODRÁŽKA, J., 2006. Přenosové systémy v přístupové síti. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 196 s.. ISBN 80-01-03386-4.

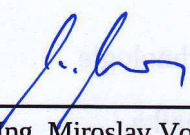
VODRÁŽKA, J. a B. ŠIMÁK, 2008. Digitální účastnické přípojky xDSL. Díl 2. Přenosové prostředí, druhá generace ADSL a VDSL, měření Praha: Sdělovací technika, s.r.o. ISBN 80-86645-16-9.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

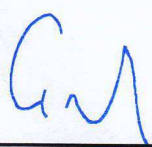
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Iva Petříková, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017


doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
vedoucí katedry





prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 27. dubna 2017


.....
podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Ivě Petříkové, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultace při vytváření této bakalářské práce.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je vypracovat technickou dokumentaci ke všem kabelovým vedením v laboratoři Přenosových systémů a médií ve frekvenční oblasti do 2,5 MHz. Jedná se o kabely typu SYKY a SYKFY o délkách 500 metrů a 1000 metrů. Zjištěné parametry těchto kabelů budou dále porovnány s katalogovými hodnotami a s doporučením ITU-T G.996.1. Vlnová impedance těchto kabelových vedení byla vypočítána jako geometrický průměr ze vstupních impedancí při vedení zakončeném nakrátko a naprázdno. Pro modelování primárních parametrů vedení byl použit sedmiparametrový model British Telecom. Výsledné hodnoty zjištěných parametrů vedení jsou v toleranci, kterou udává výrobce, rozdíly od doporučení ITU-T G.996.1 jsou popsány dále v práci.

Klíčová slova

SYKY, SYKFY, Symetrické vedení, Primární parametry, Vlnová impedance, British Telecom

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to prepare technical documentation for all cable conductors in the Transmission Systems and Media Laboratory in the frequency range up to 2.5 MHz. These are SYKY and SYKFY cables with lengths of 500 meters and 1000 meters. The parameters of these cables will be further compared with the catalog values and the ITU-T Recommendation G.996.1. The characteristics impedance of these cable lines was calculated as the geometric mean of the input impedances at short and idle conduction. A seven-parameter British Telecom model was used to model the primary parameters of the line. The resulting values determined line parameters are within the tolerances specified by the manufacturer, the differences from the ITU-T G.996.1 are described in further work.

Key words

SYKY, SYKFY, Balanced line, Primary parameters, Characteristics impedance, British Telecom

Obsah

Seznam použitých symbolů.....	- 9 -
Seznam použitých zkratk.....	- 11 -
Seznam ilustrací a seznam tabulek.....	- 12 -
Úvod.....	- 14 -
1 Rešerše konkrétních hodnot parametrů vedení v odborné literatuře	- 15 -
1.1 Rešerše literatury obsahující parametry vedení	- 15 -
2 Metalické přenosové cesty	- 18 -
2.1 Primární parametry vedení.....	- 18 -
2.2 Sekundární parametry vedení.....	- 19 -
2.3 Telekomunikačních vedení	- 19 -
2.3.1 Symetrické vedení	- 19 -
2.3.2 Koaxiální vedení.....	- 20 -
3 Kabely SYKY a SYKFY.....	- 21 -
3.1 Značení kabelů	- 21 -
3.1.1 Písmenné značení kabelů.....	- 21 -
3.1.2 Číselné značení kabelů	- 21 -
3.1.3 Barevné značení kabelů SYKY a SYKFY 2x2x0,5	- 22 -
3.2 Obvodová izolace a stínění	- 22 -
3.3 Elektrické vlastnosti.....	- 23 -
3.3.1 Izolační odpor.....	- 23 -
3.3.2 Primární parametry.....	- 23 -
3.3.3 Sekundární parametry.....	- 24 -
4 Měření a výpočet parametrů vedení	- 25 -
4.1 Rezistivita mědi.....	- 25 -
4.2 Teplotní závislost elektrického odporu	- 25 -
4.2.1 Měření teplotní závislosti odporu.....	- 25 -
4.3 Použité měřicí přístroje	- 26 -
4.3.1 UNI-T UT805.....	- 26 -
4.3.2 Agilent U1251A	- 27 -
4.3.3 Instek GVT-427B.....	- 27 -
4.3.4 METEX UNIVERSAL-SYSTEM MS-9170	- 28 -

4.4	Střední hodnoty parametrů měřených kabelů SYKY a SYKFY	- 28 -
4.4.1	Porovnání s parametry výrobců a s doporučením ITU-T G.996.1	- 29 -
4.5	Protokol o měření.....	- 30 -
4.5.1	Obsah protokolu o měření	- 30 -
4.6	Charakteristická (vlnová) impedance měřených kabelů SYKY a SYKFY...	- 32 -
4.6.1	Postup měření a výpočtu	- 32 -
4.6.2	Výpočet vlnové impedance	- 33 -
4.6.3	Výsledky měření.....	- 34 -
5	Modelování parametrů vedení podle modelů British Telecom	- 38 -
5.1	Modely British Telecom	- 38 -
5.1.1	Tříparametrový model	- 38 -
5.1.2	Sedmiparametrový model.....	- 39 -
5.1.3	Devítiparametrový model.....	- 39 -
5.1.4	Třináctiparametrový model	- 40 -
5.2	Modelování parametrů vedení podle modelu British Telecom v oblasti do 2,5 MHz - 40 -	
5.2.1	Modelování frekvenční závislosti odporu vedení.....	- 40 -
5.2.2	Modelování frekvenční závislosti indukčnosti vedení	- 41 -
5.2.3	Modelování frekvenční závislosti kapacity vedení	- 42 -
	Závěr	- 43 -
	Použitá literatura	- 44 -
	Seznam příloh.....	- 47 -

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
α	10^{-3} K^{-1}	Teplotní součinitel mědi
α	dB/m	Měrný útlum
β	rad/km	Měrný fázový posun
γ		Měrná míra přenosu
ε_0	F/m	Permitivita vakua
ε_r	F/m	Relativní permitivita
ρ	$\mu\Omega \cdot \text{m}$	Rezistivita
ω	rad/s	Úhlová rychlost
a		Konstanta, která udává sklon kmitočtové charakteristiky
a_c		Konstanta charakterizující zvýšení odporu s frekvencí při skinefektu
a_s		Konstanta charakterizující zvýšení odporu s frekvencí při skinefektu
b		Parametr, který charakterizuje přechod mezi oblastmi vysokých km.
c_∞	F/km	Měrná kapacita při vyšších kmitočtech
C	F	Elektrická kapacita
d	mm	Průměr
f	Hz	Frekvence
f_m		Parametr, který charakterizuje přechod mezi oblastmi nízkých km.
g_0	S/km	Svod při nízkých kmitočtech
g_e		Koeficient nárůstu směrem k vyšším frekvencím
G	S	Elektrický svod
I	A	Proud
j		Imaginární jednotka
l	m	Délka
l_0	H/km	Indukčnost při kmitočtech limitujícím se k nule
l_∞	H/km	Indukčnost při nejvyšších kmitočtech daného pásma
L	H	Indukčnost
L_1	dBu	Absolutní úroveň napětí
m	kg	Hmotnost
r_0	Ω/km	Stejnoseměrný odpor
r_{0c}	Ω/km	Složka měrného odporu
r_{0s}	Ω/km	Složka měrného odporu
R	Ω	Elektrický odpor
R_0	Ω	Počáteční odpor
R_i	Ω	Vnitřní odpor
R_T	Ω	Hodnota odporu, při požadované teplotě
S	m^2	Plocha

Seznam použitých symbolů

t	°C	Teplota celsia
T	K	Termodynamická teplota
T_0	K	Počáteční teplota
T_T	K	Požadovaná teplota
U	V	Napětí
Z	Ω	Impedance
Z_0, Z_c	Ω	Charakteristická (vlnová) impedance
Z_{0v}	Ω	Vypočtená Charakteristická (vlnová) impedance
Z_1	Ω	Vstupní impedance
$Z_{1\infty}$	Ω	Vstupní impedance, při vedení zakončeném naprázdno
Z_{1k}	Ω	Vstupní impedance, při vedení zakončeném nakrátko
Z_2	Ω	Zátěž

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam	
A/D	Analog/Digital	Analog/Digital
AC	Alternating Current	Střídavý proud
ADSL	Asymetric Digital Subscriber Line	Asymetrická digitální účastnická linka
Al	Aluminium	Hliník
BT	British Telecom	Britské telekomunikace
cc	constant curent	konstantní proud
Cv	constant voltage	konstantní napětí
Cu	Cuprum	Měď
DC	Direct Current	Stejnoseměrný proud
DSL	Digital Subscriber Line	Digitální účastnická přípojka
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Evropský institut pro telekomunikační standardy
ISBN	International Standard Book Number	Mezinárodní standardní číslo knihy
ITU-T	Internal Telecommunication Union	Mezinárodní telekomunikační unie
LCD	Liquid Crystal Display	Displej z tekutých krystalů
LSD	Least Significant Digit	Nejméně významná číslice
PE	Ochranný vodič (zemnicí)	Protective earth
PVC	Polyvinylchlorid	Polyvinylchlorid
True-RMS	True-Root Mean Square	Střední kvadratická hodnota
USB	Universal Serial Bus	Univerzální sériová sběrnice
UTP	Unshielded Twisted Pair	Nestíněný kroucený pár
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line	Velmi vysokorychlostní digitální účastnická linka
VDSL2	Very High Speed Digital Subscriber Line 2	Velmi vysokorychlostní digitální účastnická linka 2
xDSL	Digital Subscriber Line	Digitální účastnická linka

Seznam ilustrací a seznam tabulek

Číslo ilustrace	Název ilustrace	Číslo stránky
2.1	Relativní závislost primárních parametrů na frekvenci	18
2.2	Symetrické vedení	20
2.3	Koaxiální vedení	20
3.1	Struktura kabelu SYKFY	23
4.1	Teplotní závislost odporu pro kabelové vedení č. 1	26
4.2	Protokol o měření	31
4.3	Schéma zapojení 1	32
4.4	Schéma zapojení 2	32
4.5	Frekvenční závislost vlnové impedance kabelu č. 5	35
4.6	Frekvenční závislost vlnové impedance kabelu č. 13	35
4.7	Frekvenční závislost vlnové impedance kabelu č. 7	36
4.8	Frekvenční závislost vlnové impedance kabelu č. 16	37
5.1	Frekvenční závislost odporu vedení podle sedmiparametrového modelu British Telecom	41
5.2	Frekvenční závislost indukčnosti vedení podle sedmiparametrového modelu British Telecom	41
5.3	Frekvenční závislost kapacity vedení podle sedmiparametrového modelu British Telecom	42

Číslo tabulky	Název tabulky	Číslo stránky
3.1	Barevné značení žil	22
3.2	Primární parametry	23
3.3	Sekundární parametry	24
4.1	Specifikace UNI-T UT-808	27
4.2	Souhrn středních hodnot pro všechny délky a typy kabelových vedení	28
4.3	Porovnání naměřených parametrů s parametry udávanými	29

	výrobce a s doporučením ITU-T G.996.1	
4.4	Vypočtené hodnoty vlnové impedance	33
4.5	Naměřené a vypočtené hodnoty pro kabel č.5	34
5.1	Parametry vedení v závislosti na frekvenci a průměru jádra vodiče podle ETSI a doporučení ITU-T G.996.1	39

Úvod

Metalická vedení v současné době stále zaujímají významnou roli mezi přenosovými médii, a to hlavně při přenosu informací především na krátké vzdálenosti. Jednotlivá elektrotechnická, informační a telekomunikační odvětví si přizpůsobila metalická vedení podle svých potřeb, a proto tato vedení můžeme rozdělit na několik druhů. Tato práce se bude věnovat kabelům typu SYKY a SYKFY, které patří mezi telekomunikační vedení. Kabely tohoto typu jsou primárně určeny pro instalace a propojení sdělovacích, telefonních a telegrafních zařízení a zařízení pro zpracování dat.

Každé metalické vedení má určité fyzikální vlastnosti, kterými je ovlivňováno. Tyto vlastnosti nazýváme primárními a sekundárními parametry vedení. Cílem práce je porovnat zmíněné parametry zkoumaných kabelů SYKY a SYKFY s katalogovými hodnotami a s doporučením UTU-T G.996.1. Následně zpracovat technickou dokumentaci ve formě protokolů o měření ke každému z dvaceti zkoumaných kabelů.

Práce začíná rešerší zaměřenou na literaturu, která obsahuje konkrétní příklady hodnot parametrů vedení. Následuje teorie metalických přenosových cest, zvýšená pozornost je věnována kabelům SYKY a SYKFY.

Poslední dvě kapitoly jsou věnovány měření a výpočtu parametrů zkoumaných kabelů SYKY a SYKFY. Jsou zde určeny střední hodnoty jejich primárních parametrů, které jsou dále porovnávány, velká část je zde také věnována vlnové impedanci. Ke stanovení primárních parametrů ve frekvenční oblasti do 2,5 MHz je použit sedmiparametrový model British Telecom.

1 Rešerše konkrétních hodnot parametrů vedení v odborné literatuře

Tato rešerše je zaměřena na vyhledávání hodnot parametrů vedení v odborné literatuře, pro potřeby porovnávání parametrů různých délek a druhů vedení s mnou získanými hodnotami kabelů SYKY a SYKFY o délkách 500 a 1000 metrů. Tabulky hodnot parametrů vedení z literatury se nachází v příloze B.

1.1 Rešerše literatury obsahující parametry vedení

- **Jiří Vodrážka, Boris Šimák**

Digitální účastnické přípojky xDSL. Díl 2. Přenosové prostředí, druhá generace ADSL a VDSL, měření na přípojkách Praha: Sdělovací technika, s.r.o. ISBN 80-86645-16-9.

Autoři Jiří Vodrážka a Boris Šimák v této knižní publikaci popisují problematiku digitální komunikace, vlastnosti metalických vedení, teoretickou informační propustnost a modely přeslechů. Na rozdíl od prvního dílu publikace jdou autoři více do hloubky této problematiky.

Parametry vedení se nachází na straně 26 v kapitole Modelování párů symetrických vedení. Jedná se o Parametry vedení v závislosti na průměru jádra vodiče podle ETSI a doporučení ITU-T G.996.1.

- **Pavel Lafata**

Investigation of VDSL2 Digital Lines Performance with Bridged Taps, Advances in electrical and electronic engineering, Vol. 11, No 3(2013)

Dostupné z: <http://advances.utc.sk/index.php/AEEE/article/view/787/865>

Článek v časopisu Advances in electrical and electronic engineering. Tento časopis od roku 2011 vydává Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava společně s Elektrotechnickou fakultou Žilinské univerzity.

Autor Pavel Lafata se zabývá Modelováním přenosu linky s odbočkami, parametry metalických kabelů, přeslechy a porovnává technologii VDSL2 s technologií linky s odbočkami. Parametry jsou uvedeny za použití 9-parametrového modelu #BT9. Autor zkoumá parametry kabelů o průměru vodiče 0,32 mm, 0,4 mm, 0,5 mm podle ITU-T G.961.1, UTP cat. 5e a TCEPKPFLE 75 x 4 x 0,4.

- **Philip Golden, Hervé Dedieu, Krista S. Jacobsen**

Fundamentals of DSL technology

Autoři Philip Golden, Hervé Dedieu, Krista S. Jacobsen v této knižní publikaci popisují základy technologie DSL.

V kapitole 2.4 Generic Models of DSL Cables líčí různé modely a na straně 58 uvádí parametry modelu #BT0 podle ETSI a doporučení ITU-T G.961.1 o průměrech 0,32 mm; 0,4 mm; 0,5 mm; 0,63 mm a 0,90 mm.

- **Lukas Cepa, Milos Kozak, Jiri Vodrazka**

Innovation of Methods for Measurement and Modelling of Twisted Pair Parameters, Advances in electrical and electronic engineering, Vol. 9, No 5(2011)

Dostupné z: <http://advances.utc.sk/index.php/AEEE/article/download/539/723>

Článek v časopisu Advances in electrical and electronic engineering. Cílem autorů je optimalizovat metodiku měření pro nejpřesnější širokopásmové modelování charakteristické impedance a ostatních parametrů kroucených párů.

Na straně 222 v kapitole 5. Modeling Parameters se nachází 13-parametrový model BT pro měřený kabel UTP, který byl měřen za použití 2 metod NH 032BF a NH 53100RLB. Autoři zde porovnávají rozdíly výsledných parametrů pro uváděné metody měření kabelu UTP.

-

ITU-T, 2001. Committed to connecting the world. In: G.996.1 : Test procedures for digital subscriber line (DSL) transceivers [online].2001 [cit. 2015-11-12]

Dostupné z: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.996.1/en>

Doporučení, které popisuje postup při testování ITU-T Digital Subscriber Line (DSL).

- **Ing. Jiří Vodrážka, Ph.D.**

Modely pro symetrické páry v místních kabelech, Elektrevue 2004/56 - 18.11.2004

Dostupné z: <http://www.elektrevue.cz/clanky/04056/index.html>

Jedná se o článek v časopisu Elektrevue vydání 2004/56 - 18.11.2004.

Autor Ing. Jiří Vodrážka, Ph.D. v tomto článku řeší problematiku modelování parametrů pro symetrické páry a jejich přeslechů, kde je demonstruje s konkrétními parametry v porovnání se změřenými charakteristikami skutečného kabelu. Jedná se o kabel TCEPKPFLE se 75 prvky a s průměrem měděného jádra 0,4 mm izolací žíly na bázi polyetylenu z produkce Pražské kabelovny (PRAKAB, a. s.).

- **Ing. Jiří Vodrážka, Ph.D.**

Přenosové Systémy v přístupové síti. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 196 s.. ISBN 80-01-03386-4.

Jedná se o skriptum, ve kterém autor Jiří Vodrážka vysvětluje základní přehled přenosových principů používaných obecně v moderních telekomunikačních sítích, sdružování digitálních signálů, digitalizaci telefonního signálu a digitální hierarchie. Autor také přehledově vysvětluje problematiku přístupových sítí, které využívají metalické, rádiové a optické přenosové prostředí, kde největší pozornost věnuje problematice metalických vedení.

Kapitola 6 Vlastnosti symetrických párů obsahuje podkapitolu 6.3 Modelování parametrů symetrických párů, kde se na straně 106 nachází tabulka parametrů vedení v závislosti na průměru jádra vodiče podle ITU-T G.996.1. Tato podkapitola popisuje parametry modelů vlastností symetrických párů a kolika parametrové modely se používají při jakých frekvencích.

- **Philip Golden, Hervé Dedieu, Krista S. Jacobsen**

Implementation and applications of DSL technology

Druhá kniha autorů Philip Golden, Hervé Dedieu, Krista S. Jacobsen. Publikace rozvíjí myšlenky první knihy Fundamentals of DSL technology. Autoři značnou část knihy věnují splitterům a mikro filtrům. Popisují také různé typy testování nezbytné pro servisní kvalifikaci, vývoj testování a poskytování služeb pro obyčejné telefonní služby, kvalifikaci smyčky, regulační vyhlášku zprávy spektra.

- **Rob F.M. van den Brink**

Cable reference models for simulating metallic access networks

Dostupné z:

<http://ftp.tiaonline.org/TR-30/TR-30.3/Public/0206%20Columbia/ETSI%20Documents/970p02r3%20ETSI%20Cable%20Reference%20Models.pdf>

Jedná se o dokument, který je aktualizován s každým setkáním ETSI. Dokument přezkoumává metalické, nestíněné a síťové páry vodičů. Tyto kabely jsou standardní u telefonních linek používaných v různých zemích. Snaží se poskytnout spolehlivé simulace o přenosu při velmi vysoké přenosové rychlosti digitálních signálů pomocí různých xDSL technologií.

2 Metalické přenosové cesty

Metalické přenosové cesty jsou vhodně uspořádané metalické vodiče, které tvoří telekomunikační vedení. Toto telekomunikační vedení můžeme považovat za homogenní s rovně rozprostřenými parametry. Homogenní vedení se vyznačuje tím, že má ve všech částech stejné vlastnosti. Jeho charakteristickými parametry jsou primární parametry, pro sledování jeho přenosových vlastností se zavádějí parametry sekundární.[1][17]

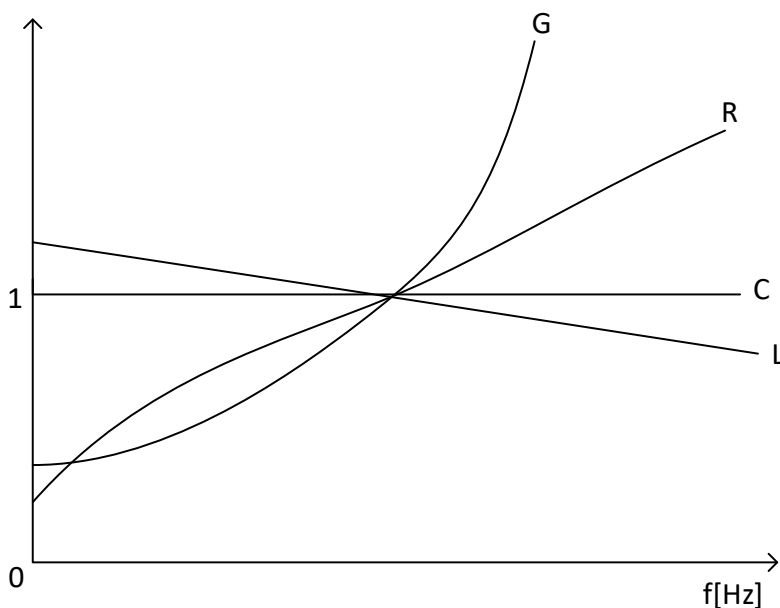
2.1 Primární parametry vedení

Primární parametry vedení jsou dány konstrukcí vedení, materiálem vodičů, průměrem vodičů a prostředím okolo vodičů.[7]

Mezi primární parametry vedení podle [7] patří:

- Odpor R [Ω/km].
- Indukčnost L [H/km].
- Kapacita C [F/km].
- Svod G [S/km].

V odborné literatuře se často opakuje obrázek relativní závislosti primárních parametrů na frekvenci 2.1. Nejmenší závislost na kmitočtu má kapacita, která se v literatuře udává jako konstantní, indukčnost se se zvyšujícím kmitočtem mírně snižuje, zatímco svod, který se vlivem povrchového jevu (skinefektu) a dielektrických ztrát s kmitočtem zvětšuje. Odpor také roste se zvyšujícím se kmitočtem.[15]



Obrázek 2.1: Relativní závislost primárních parametrů vedení na frekvenci[15]

2.2 Sekundární parametry vedení

Sekundární parametry vedení se zavádí kvůli sledování přenosových vlastností homogenního vedení. Dávají ucelený přehled o vlastnostech a použitelnosti jednotlivých druhů vedení. Jsou dány souhrnným působením primárních parametrů a jsou z těchto parametrů odvozeny. [1]

Mezi sekundární parametry podle [1] patří:

- Charakteristická (vlnová) impedance.
- Měrná (vlnová) míra přenosu.

Poměr napětí U a proudu I je v každém bodě přizpůsobeného vedení konstantní a nazývá se charakteristická (vlnová) impedance vedení Z_c . Vlnová impedance je podle [1] definována vztahem:

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad [\Omega] \quad (2.1)$$

Měrná (vlnová) míra přenosu je relativní změna napětí a proudu v každém elementu přizpůsobeného vedení a je vztažena na jednotkovou délku vedení. Měrná (vlnová) míra přenosu je konstantní a podle [1] je definována následovně:

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \alpha + j\beta \quad (2.2)$$

Kde: α je měrný útlum (dB/km) a β je měrný fázový posun (rad/km).

2.3 Telekomunikačních vedení

Telekomunikační vedení nejčastěji tvoří dvojice metalických vodičů. Toto vedení můžeme rozdělit podle jejich uspořádání na Symetrické a Koaxiální.

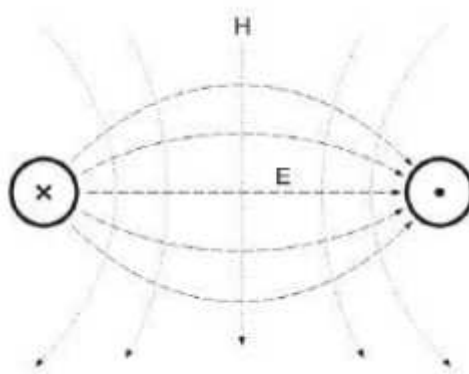
Podle konstrukčního provedení telekomunikační dělíme na [1]:

- Nadzemní vedení
- Úložná vedení

Telekomunikační vedení dále dělíme podle způsobu instalace na závlačné, úložné, závěsné, samonosné, říční a podmořské. [1]

2.3.1 Symetrické vedení

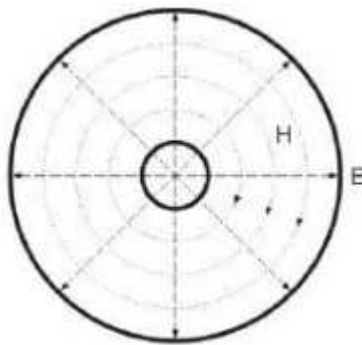
Symetrické vedení tvoří dvojice spirálovitě stočených paralelních vodičů (obrázek 2.2). U symetrických vedení platí, že oba vodiče mají stejnou impedanci proti zemi (elektrická symetrie vůči zemi) a také minimální indukci, což má za následek minimalizaci rušení. [17]



Obrázek 2.2: *Symetrické vedení*[17]

2.3.2 Koaxiální vedení

Koaxiální kabel na obrázku 2.3 tvoří asymetrický pár vodičů. Jeden z těchto vodičů je veden středem kabelu zatímco druhý tvoří tzv. vodivou síťku na vnější straně kabelu. Mezi těmito dvěma vodiči se nachází nevodivá vrstva (dielektrikum). Středový vodič je u většiny koaxiálních kabelů dutý a je buď tvořen jedním plným drátem, nebo lankem spleteným z více drátů. Vnější opletení koaxiálního kabelu odstiňuje středový vodič od okolních vlivů a brání vyzařování v opačném směru.[16]



Obrázek 2.3: *Koaxiální vedení*[17]

3 Kabely SYKY a SYKFY

Kabely SYKY a SYKFY se používají při instalaci ve vnitřních prostorách volně při pevném uložení v suchých i vlhkých podmínkách. Jsou určeny primárně pro instalace a propojení přenosových (sdělovacích) zařízení, telefonních a telegrafních zařízení, zařízení pro zpracování dat.[2]

Tyto kabely se vyrábí v různých délkách a s různými počty párů, nebo trojic. Tato práce se zaměřuje na Kabely SYKY a SYKFY 2 x 2 x 0,5 o délkách 500 m a 1000 m od výrobce Kabelovna Děčín Podmokly, s.r.o.

3.1 Značení kabelů

Kabely se značí pomocí značky, která se skládá z písmen. Tato písmena značí zejména použité materiály a samotnou konstrukci kabelu. Dalším značením je značení pomocí čísel, která udávají počet žil a průměr jader v milimetrech.[2]

3.1.1 Písmenné značení kabelů

Značení kabelu pomocí písmen podle[2]:

S - rozlišovací písmeno, které značí, že se jedná o instalační kabel

Y - materiál izolace žil (PVC)

K - kabel

F - stínící obal na duši kabelu

Y - materiál pláště (PVC)

Z tohoto písmenného značení vyplývá, že se kabely SYKY a SYKFY liší ve stínění, kdy u kabelu SYKY žádné stínění použito není.

3.1.2 Číselné značení kabelů

Číselné značení kabelů se skládá ze 3 čísel, kde první číslo označuje jmenovitý počet párů. Druhé číslo značí počet jader, poslední číslo označuje průměr jader v milimetrech. Číselné značení dohromady s písmenným tvoří úplné označení kabelu.[2]

Číselné označení mnou zkoumaných kabelů SYKY a SYKFY: **2 x 2 x 0,5**.

3.1.3 Barevné značení kabelů SYKY a SYKFY 2x2x0,5

Každá počáteční žíla v páru od výrobce Kabelovna Děčín Podmokly, s.r.o. má podle tabulky 3.1 vždy bílou barvu, barva druhé žíly s označením b je již vždy jiná. Barevné označení žil kabelu je stejné jak pro kabel typu SYKY, tak i pro kabel typu SYKFY.

Tabulka 3.1: *Barevné značení žil[2]*

Číslo páru	»a« žíla	»b« žíla
1	bílá	modrá
2	bílá	oranžová

3.2 Obvodová izolace a stínění

Stíněný kabel omezuje elektrický šum a tím zlepšuje kvalitu přeneseného signálu. Stínění kabelu redukuje elektromagnetické záření vyzařované vodičem, které může mít nepříznivý vliv na ostatní elektrické zařízení, která se nacházejí v blízké vzdálenosti od vodiče.[3]

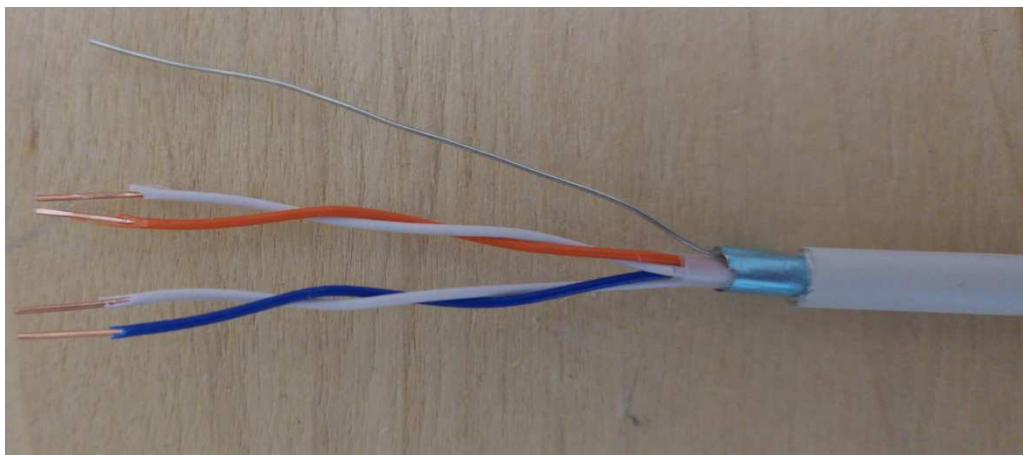
Stínění kabelů SYKY a SYKFY podle[2]:

- SYKY** - duše může být ovinuta termoplastickou fólií
- SYKFY** - 1x termoplastická fólie
1x pocínovaný Cu drát o průměru 0,4 mm
1x laminovaná Al fólie, pokovenou stranou k duši

Na obrázku 3.1 je vidět struktura kabelu SYKFY. Tento kabel tvoří dvě dvojice vodičů, které jsou po celé délce kabelu spirálovitě stočeny (symetrické páry). Každý z vodičů je izolován souvislou vrstvou PVC. Následují průhledná termoplastická fólie a modrá laminátová Al fólie, která je pokovená stranou k duši kabelu. Mezi těmito dvěma fóliemi se nachází pocínovaný Cu drát o průměru 0,4 mm.

Nad obvodovou izolací (stínícím obalem) je v souvislé vrstvě nanesen plášť z PVC ve tvaru kruhové trubky, plášť je bílé barvy. Jako natrhávací element je pod pláštěm podélně položena pryž.

Na plášti je v pravidelných intervalech (1 metr) vytisknut název výrobce, typ kabelu a metráž. Přesnost tohoto značení nesmí být horší než 1 %.[2]



Obrázek 3.1: *Struktura kabelu SYKFY*

3.3 Elektrické vlastnosti

3.3.1 Izolační odpor

Izolační odpor je odpor mezi dvěma vodiči nebo mezi vodičem a zemí, pokud jsou odděleny izolačním materiálem. Je to schopnost izolace zabránit průniku nebezpečného napětí na části přístupné dotyku nebo zabránit zkratu mezi částmi elektrického zařízení o různých napětích.[18][19]

Minimální hodnota izolačního odporu mezi žilami kabelů SYKY a SYKFY nesmí být menší než $500 \text{ M}\Omega/\text{km}$ při 20°C . [2]

3.3.2 Primární parametry

V tabulce 3.2 jsou popsány maximální hodnoty primárních parametrů kabelů SYKY a SYKFY od výrobce Kabelovna Děčín Podmokly, s.r.o.

Tabulka 3.2: *Primární parametry[2]*

Parametr	Hodnota
Odpor jádra při 20°C [Ω/km]	97,8
Provozní kapacita páru [nF/km]	120
Kapacitní nerovnováha k_9 [$\text{pF}/500\text{m}$]	400

Kabelovna Děčín Podmokly, s.r.o. není jediným výrobcem těchto typů kabelových vedení v České republice. Dalšími velkými výrobci kabelů jsou PRAKAB PRAŽSKÁ KABELOVNA, s.r.o. a nkt cables Group. Hodnoty primárních parametrů udávané všemi výrobci jsou vždy maximální. Pražská kabelovna uvádí odpor jádra pro smyčku na rozdíl od Kabelovny Děčín, která odpor uvádí pro každé jádro zvlášť. Hodnota odporu udávaná Pražskou kabelovnou je $195,6 \text{ }\Omega/\text{km}$, což je stejná

hodnota pro jedno jádro jako u Kabelovny Děčín. Maximální udávaná hodnota provozní kapacity a kapacitní nerovnováhy je u všech výrobců stejná.[20][21][22]

3.3.2.1 Parazitní kapacita

Parazitní kapacita je elektrotechnický jev, ke kterému dochází nejčastěji u elektrických kabelů. Izolačním materiálem vodičů je plast, který obvykle bývá dielektrikem, proto vzniká kondenzátor. Kapacita tohoto kondenzátoru je dána vztahem (3.1).[23]

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d} \quad (3.1)$$

Kapacita kabelů se vzduchovým dielektrikem je nízká, je to dáno tím, že plocha mezi vodiči (deskami) je malá a jejich vzdálenost naopak velká. U kabelů s plastovým dielektrikem je parazitní kapacita vlivem velké permitivity plastů mnohonásobně větší. [23]

Při průchodu dat vodiči, které jsou vedle sebe, dochází k nabíjení a vybíjení tohoto parazitního kondenzátoru. To má společně s parazitní indukčností za následek změnu původního obdelníkového průběhu na exponenciální, což při vysokých přenosových rychlostech komplikuje příjem signálu, a tím pádem stoupá chybovost přenosu.[23]

3.3.3 Sekundární parametry

Výrobce v tabulce 3.3 uvádí hodnoty sekundárních parametrů vedení pro frekvenci od 64 kHz až do 20000 kHz. Hodnoty měrného útlumu a útlumu přeslechů na blízkém konci jsou maximální. Vlnovou impedanci Z výrobce udává s tolerancí $\pm 20 \Omega$.

Tabulka 3.3: Sekundární parametry[2]

Frekvence [kHz]	Vlnová impedance $Z [\Omega]$	Měrný útlum α [dB/100 m]	Útlum přeslechu na b.k. [dB/300m]	
			sousední páry	nesousední páry
64	100 ± 20	0,8	66	70
150	97 ± 20	1,2	64	68
256	95 ± 20	1,6	60	64
512	90 ± 20	2,3	57	61
772	87 ± 20	2,9	54	58
1000	85 ± 20	3,9	52	56
4000	85 ± 20	7,8	43	47
8000	85 ± 20	10,3	38	42
10000	85 ± 20	12,6	37	41
16000	85 ± 20	16,1	34	38
20000	85 ± 20	20	32	36

4 Měření a výpočet parametrů vedení

4.1 Rezistivita mědi

V literatuře se udávají rozdílné hodnoty rezistivity mědi. Obvykle se pohybují od 0,0168 do 0,0178 $\mu\Omega\cdot\text{m}$. Příklady hodnot rezistivity mědi z literatury jsou uvedeny v příloze D. Pro výpočet rezistivity platí vztah (4.1) převzatý z [6].

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l} \quad [\mu\Omega \cdot \text{m}] \quad (4.1)$$

4.2 Teplotní závislost elektrického odporu

Elektrický odpor je teplotně závislá veličina. U metalických vodičů jeho hodnota s rostoucí teplotou roste a u polovodičů klesá. Teplotní součinitel elektrického odporu má u metalických vodičů kladnou a u polovodičů zápornou hodnotu. [9]

Pro závislost elektrického odporu na teplotě platí podle [9] následující vztah:

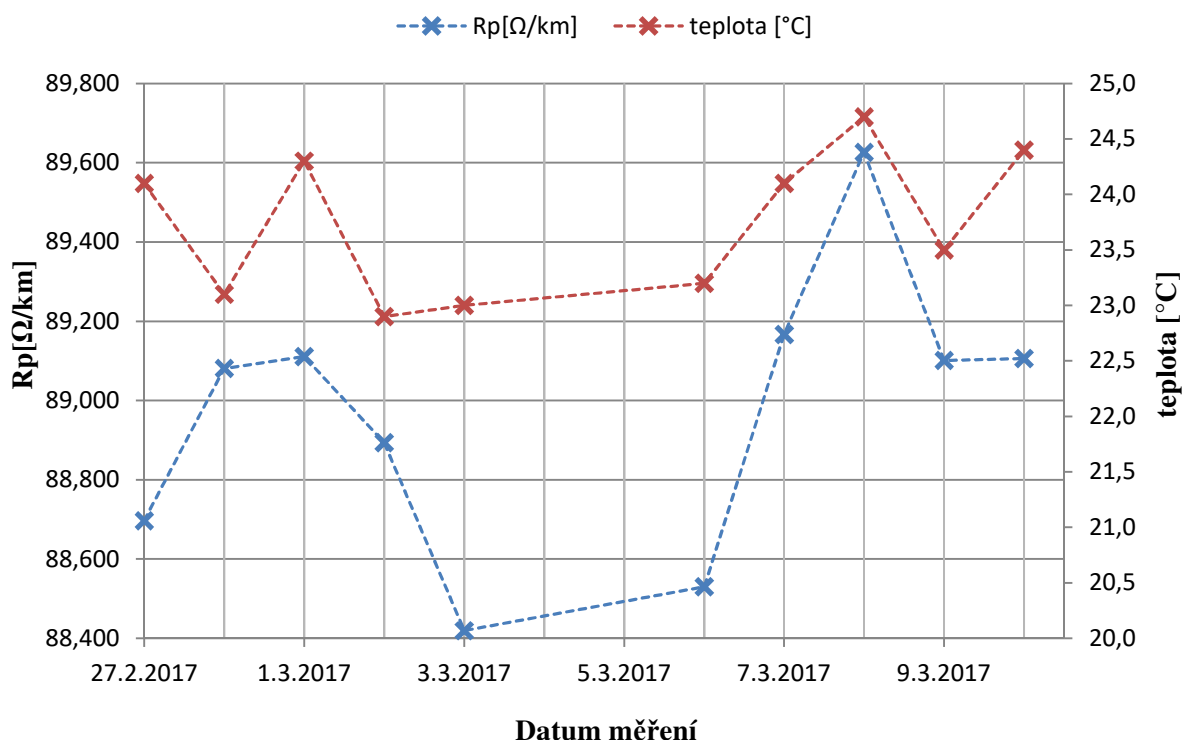
$$R_T = R_0 [1 + \alpha \cdot (T_T - T_0)] \quad [\Omega] \quad (4.2)$$

Hodnota teplotního součinitele mědi je podle tabulky[9]:

$$\alpha = 4.0 \quad [10^{-3}\text{K}^{-1}] \quad (4.3)$$

4.2.1 Měření teplotní závislosti odporu

Při každém měření odporu vedení byla přístrojem Agilent U1251A zaznamenána aktuální teplota. Následující graf na obrázku 4.1 zobrazuje průběh změřeného odporu v závislosti na aktuální teplotě.



Obrázek 4.1: Teplotní závislost odporu pro kabelové vedení č. 1

Podle teoretických předpokladů by se měl odpor vedení s rostoucí teplotou zvyšovat. V prvních několika měřeních se hodnoty odporu v závislosti na teplotě nemění očekávaným způsobem, je to dáno tím, že se teplota změnila příliš rychle a díky teplotní setrvačnosti, kdy vyrovnaní teploty kabelových cívek a teploty vzduchu trvá určitou dobu. Při následujících měřeních se již průběh změřených hodnot odporu blíží teoretickým předpokladům, pouze s výjimkou posledního měření kdy změřená hodnota odporu při zvýšení teploty o 1 °C vzroste jen minimálně.

4.3 Použité měřicí přístroje

4.3.1 UNI-T UT805

UNI-T UT805 je stolní digitální multimetr, který používá mikroprocesor s 24-místným A/D převodníkem, vysoce přesný výpočetní zesilovač, AC/DC převodník skutečné efektivní hodnoty (true-RMS). Tento přístroj může být použit pro měření střídavého i stejnosměrného napětí, proudu a kontinuity elektrického obvodu, elektrického odporu, diod, elektrické kapacity a frekvence.[4]

Digitální multimetr UNI-T UT805 používá LCD display o rozlišení 256x64 pixelů a umožňuje zobrazení několika informací najednou. Jako zdroj napájení je použita běžná síť 230 V AC / 50 Hz. Jeho rozměry jsou 300 x 245 x 105 mm a hmotnost 1,5 kg.[4]

Tento přístroj byl použit k měření elektrického odporu a kapacity.

4.3.1.1 Specifikace

V tabulce 4.1 je uvedena specifikace přístroje UNI-T UT805. Přesnost měřícího přístroje je dána jako: \pm (% skutečná hodnota signálu + nejméně významná číslice). Nejméně významná číslice (LSD - Least Significant Digit) představuje velikost nejistoty tvořenou hlukem, zaokrouhlením a vnitřními kompenzacemi.[8]

Tabulka 4.1: *Specifikace UNI-T UT805[4]*

veličina	Rozsahy	přesnost
AC napětí	200mV / 2V / 20V / 200V / 750V	$\pm (0,2\%+100)$
DC napětí	2V / 20V / 200V / 1000V	$\pm (0,007\%+2)$
AC proud	2mA / 20mA / 10A	$\pm(0,3\%+100)$
DC proud	2mA / 20mA / 10A	$\pm(0,03\%+10)$
Odpor	2 k Ω / 20 k Ω / 200 k Ω / 2 M Ω / 20 M Ω	$\pm(0,01\%+5)$
Kapacita	6nF / 60nF / 600nF / 6 μ F / 60 μ F / 600 μ F / 6mF	$(\pm 2,0\%+5)$
Kmitočet	0Hz - 60MHz	$\pm(0.1\%+3)$

4.3.2 Agilent U1251A

Agilent U1251A je digitální přenosný multimetr s komplexními funkcemi měření a rozhraním USB. Tímto digitálním multimetrem je možno měřit střídavý a stejnosměrný proud i napětí, kapacitu, odpor, diody, frekvenci a teplotu. [5]

Tento přístroj je vybaven LCD displejem. Zdrojem napájení je 9 V, 8,4 V, nebo 7,2 V baterie. Výrobce udává výdrž je 72 hodin. Jeho rozměry jsou 59 x 94,4 x 203,5 mm a hmotnost 504 gramů.[5]

Agilent U1251A byl použit pouze k měření teploty.

4.3.3 Instek GVT-427B

Instek GVT-427B je kompaktní analogový AC milivoltmetr ideální pro měření napětí s nízkou úrovní, která je mimo schopností běžných voltmetrů. Citlivost 300 μ V je udržována v celém rozsahu 100 V. GVT-427 poskytuje měření dvou kanálů současně, nebo odděleně. Napětíová stupnice je rozdělena do 12 rozsahů, které je možno přepínat pomocí velkého rotačního přepínače. Široký rozsah měření (10 Hz ~ 1 MHz) a napětí (-70dB ~ + 40 dB) poskytují dostatečnou rezervu pro většinu aplikací. Vnitřní odpor tohoto přístroje je 1 M Ω a měří s přesností $\pm 3\%$ na celém rozsahu při frekvenci 1 kHz.[12]

Tento přístroj byl použit pro měření napětíových úrovní.

4.3.4 METEX UNIVERSAL-SYSTEM MS-9170

Měřicí systém METEX UNIVERSAL-SYSTEM MS-9170 je moderně řešený systém, který obsahuje funkční generátor, čítač, multimetr a zdroj. Funkční generátor je vybaven průběhy: sinus, obdelník, trojúhelník, TTL, puls a pilu. Systém je osazen čítačem až do 2,7 GHz. Tento přístroj disponuje 4 1/2 místným displejem. Dvojitý zdroj s třetím doplňkovým pevným výstupem je možno používat v módu cc (konstantní proud), popřípadě cv (konstantní napětí). [13]

Přístroj METEX UNIVERSAL-SYSTEM MS-9170 byl použit jako generátor při měření napěťových úrovní.

4.4 Střední hodnoty parametrů měřených kabelů SYKY a SYKFY

Měření probíhalo tak, že se každé kabelové vedení změřilo 10 krát s rozestupem minimálně jednoho dne. Měřil se elektrický odpor každého jádra (R_a , R_b , R_c , R_d) a kapacita mezi žilami obou párů (C_{ab} , C_{cd}). Z těchto naměřených hodnot byly zprůměrováním získány hodnoty $R_{prumerny}$ a $C_{prumerna}$. Z průměrného odporu, obsahu vodiče a délky uvedené na potisku na začátku a konci kabelového vedení se podle vzorce (4.1) vypočítala hodnota rezistivity. Všechny hodnoty odporu a kapacity byly přepočítány na jednotku délky (1 kilometr). Jelikož je elektrický odpor teplotně závislá veličina, všechny jeho hodnoty byly přepočítány na 20 °C podle vzorce (4.2).

Následující tabulka 4.2 shrnuje všechny střední hodnoty pro oba typy kabelů a jejich dodací délky:

Tabulka 4.2: *Souhrn středních hodnot parametrů pro všechny typy a délky kabelových vedení*

Typ kabelu	R_a [Ω·km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [nF/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
SYKY 2 x 2 x 0,5 500 m	86,706	86,844	86,846	86,971	68,068	69,285	86,842	68,676	0,01706
SYKY 2 x 2 x 0,5 1000 m	85,718	85,804	85,936	85,889	67,206	68,638	85,837	67,922	0,01687
SYKFY 2 x 2 x 0,5 500 m	87,307	87,389	87,535	87,471	84,889	82,967	87,426	83,928	0,01718
SYKFY 2 x 2 x 0,5 1000 m	86,899	86,991	87,078	87,097	83,491	81,666	87,016	82,579	0,01710

Střední hodnoty odporu u všech zkoumaných kabelů se liší maximálně o 1,6 Ω/km . Největší rozdíl v odporu je mezi kabely SYKFY o délce 500 metrů a SYKY o délce 1000 metrů. Nejnižší naopak u kabelů typu SYKFY obou kabelových délek, kdy je rozdíl pouze 0,4 Ω/km .

Ze středních hodnot kapacit lze usoudit, že stíněné kabely SYKFY mají asi o 15 nF/km větší kapacitu, než kabely SYKY, které žádné stínění nemají. U stejných typů kabelů se jejich střední hodnoty kapacity liší o asi 1 nF/km.

Vypočtené hodnoty rezistivity jsou u všech kabelů velmi podobné až na kabel typu SYKY o délce 1000 metrů, kdy se jeho hodnota rezistivity od ostatních liší asi o $2 \cdot 10^{-4} \mu\Omega \cdot \text{m}$. Průměrná hodnota rezistivity u všech zkoumaných typů kabelů a jejich dodacích délek je asi 0,01705 $\mu\Omega \cdot \text{m}$.

4.4.1 Porovnání s parametry výrobců a s doporučením ITU-T G.996.1

Střední hodnoty získané měřením v tabulce 4.3 byly získány zprůměrováním hodnot pro určitý typ kabelu z tabulky 4.2. Hodnoty, které uvádí výrobce jsou maximální a všechny hodnoty odporu jsou platné pro teplotu 20 °C. V doporučení ITU-T G.996.1. se udává odpor smyčky, proto tuto hodnotu bylo nutné vydělit dvěma. Hodnoty primárních parametrů vedení podle výrobce byly převzaty z [2] a hodnoty podle doporučení ITU-T G.996.1. byly převzaty z [10].

Hodnoty odporu získané měřením se od hodnot udávaných výrobcem liší o 11,5 Ω/km u kabelu typu SYKY a o 10,6 Ω/km u kabelu typu SYKFY, u doporučení ITU-T G.996.1. je rozdíl hodnot odporu výrazně nižší, rozdíly jsou 3,2 Ω/km u kabelu typu SYKY a 2,3 Ω/km u kabelu typu SYKFY.

Kapacita páru, kterou udává výrobce je vyšší o 51,7 nF/km u kabelu typu SYKY a o 36,7 nF/km u kabelu typu SYKFY, u doporučení ITU-T G.996.1. je kapacita naopak nižší o 18,3 nF/km u kabelu typu SYKY a o 33,3 nF/km u kabelu typu SYKFY.

Výsledné naměřené střední hodnoty primárních parametrů kabelů SYKY a SYKFY jsou výrazně nižší než výrobcem udávané maximální hodnoty. U doporučení ITU-T G.996.1. se hodnoty odporu liší minimálně, větší rozdíl je u kapacity, kde se hodnotám z tohoto doporučení více blíží kabel typu SYKY.

Tabulka 4.3: *Porovnání naměřených parametrů s parametry udávanými výrobcem a s doporučením ITU-T G.996.1.*

	Typ kabelu	Odpor jádra [Ω/km]	Provozní kapacita páru [nF/km]
Střední hodnoty získané měřením	SYKY	86,3	68,3
	SYKFY	87,2	83,3
Hodnoty udávané výrobcem[2]	SYKY, SYKFY	97,8	120
Hodnoty podle ITU-T G.996.1.[10]	PE 0,5 mm	89,5	50

4.5 Protokol o měření

Jedním z hlavních úkolů této práce bylo vypracovat technickou dokumentaci ve formě měřicích protokolů ke všem dvaceti kabelovým vedením v laboratoři Přenosových systémů a médií.

4.5.1 Obsah protokolu o měření

Výstupní měřicí protokol se skládá z několika částí.

Základní informace:

- Typ kabelu.
- Vlastní označení kabelové cívky.
- Teplota, pro kterou jsou platné uvedené hodnoty.
- Číslo bubnu.
- Průměr jádra.
- Délka v metrech odečtená z potisku na začátku a konci kabelu.
- Dodací délka.
- Jméno a příjmení osoby, která měření vykonala.

Protokol o měření dále obsahuje celkové vyhodnocení kabelu, kde je uveden odpor každého jádra a potom celkový odpor kabelu. Následují kapacity obou párů. U všech těchto parametrů jsou uvedeny jejich minimální, maximální a střední hodnoty. Poslední částí měřicího protokolu je tabulka, která obsahuje naměřené hodnoty všech měření.

Na obrázku 4.2 je uveden příklad protokolu o měření pro kabelové vedení na cívce č. 1. Ostatní protokoly o měření pro vedení na cívkách 2-20 jsou uvedeny v příloze E.

Datum: 31.3.2017

Měřicí protokol kabelového vedení na cívce č. 1

Typ kabelu:	SYKY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	187-682 m
Vlastní Označení cívky:	1	Dodací délka:	500 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400---40482		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	87,9	88,1	88	88	88	77,1	76,1
Nejnižší naměřená	87,1	87,2	87,4	87,3	87,2	61,5	63,7
Střední	87,5	87,7	87,7	87,7	87,7	69	70,5

Naměřené hodnoty - přepočtené

Měř. č.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [nF/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	87,093	87,173	87,371	87,332	66,626	69,354	87,242	67,990	0,01713
2	28.2.2017	87,855	88,074	87,935	87,755	76,970	75,859	87,905	76,414	0,01726
3	1.3.2017	87,420	87,618	87,638	87,638	71,333	74,202	87,578	72,768	0,01720
4	2.3.2017	87,738	87,838	87,938	87,938	69,394	72,283	87,863	70,838	0,01725
5	3.3.2017	87,243	87,323	87,423	87,443	61,475	63,778	87,358	62,626	0,01715
6	6.3.2017	87,253	87,372	87,452	87,512	63,495	63,677	87,397	63,586	0,01726
7	7.3.2017	87,689	87,729	87,689	87,709	71,131	74,121	87,704	72,626	0,01720
8	8.3.2017	87,832	87,931	87,991	88,011	67,333	69,778	87,941	68,556	0,01725
9	9.3.2017	87,764	87,943	87,923	87,784	77,071	76,081	87,854	76,576	0,01725
10	10.3.2017	87,424	87,523	87,602	87,602	65,394	65,677	87,538	65,535	0,01719

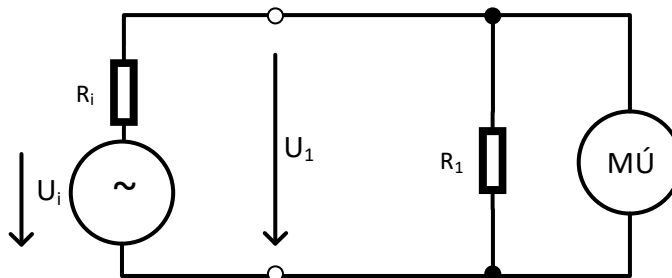
Obrázek 4.2: Protokol o měření

4.6 Charakteristická (vlnová) impedance měřených kabelů SYKY a SYKFY

Vlnová impedance zkoumaných kabelových vedení byla vypočítána jako geometrický průměr vstupních impedancí, při vedení zakončeném nakrátko a naprázdno. Tyto vstupní impedance byly vypočítány z absolutních úrovní napětí měřených na začátku vedení.

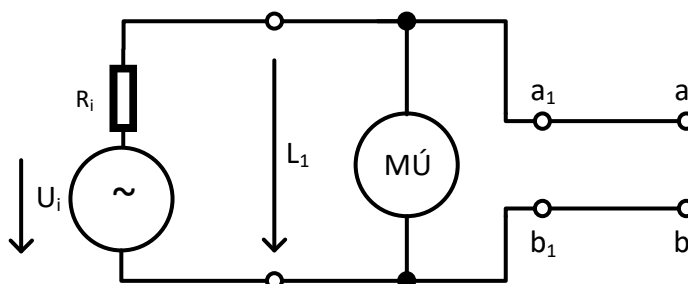
4.6.1 Postup měření a výpočtu

První krok je zapojení podle schématu na obrázku 4.3, kde odpor $R_i = R_l = 600 \, \Omega$. Na generátoru se nastaví rozsah frekvence na X1k a přepínač gate na hodnotu 0,1 s. Potom se na měřiči úrovně nastaví rozsah na 0 dB. Následuje nastavení úrovně na generátoru tak, aby na měřiči úrovně byla úroveň $L_l = 0$ při $f = 1 \, \text{kHz}$. Takto nastavená úroveň se ponechá pro celé následující měření.



Obrázek 4.3: Schéma zapojení 1

Dalším krokem je zapojení obvodu podle schématu na obrázku 4.4, kde jsou mezi svorkami a_1, a_2, b_1, b_2 připojeny žíly zkoumaného kabelu. Měření se provádí pro kmitočty od 10 kHz až do 2500 kHz pro vedení ve stavu nakrátko a naprázdno.



Obrázek 4.4: Schéma zapojení 2

Z naměřených hodnot napěťových úrovní při vedení zakončeném nakrátko a naprázdno se vypočítají vstupní impedance vedení vedení ($Z_{l\infty}$ a Z_{lk}) podle následujícího vzorce:

$$Z_1 = R_i \cdot \frac{10^{\frac{L_1}{20}}}{2 - 10^{\frac{L_1}{20}}} \quad [\Omega] \quad (4.4)$$

Z těchto hodnot se potom vypočítá hodnota vlnové impedance Z_0 podle rovnice (4.5).

$$Z_0 = \sqrt{Z_{1\infty} \cdot Z_{1k}} \quad [\Omega] \quad (4.5)$$

4.6.2 Výpočet vlnové impedance

Pro účely porovnání byly hodnoty vlnové impedance také vypočítány podle vztahu (2.1). Hodnoty odporu, kapacity a indukčnosti vedení byly převzaty z modelu British Telecom, který je popsán v další kapitole. V následující tabulce 4.4 se nachází vypočtené hodnoty vlnové impedance pro zkoumané kabely č. 5 (SYKY o délce 500 m), č. 13 (SYKFY o délce 500 m), č. 7 (SYKY o délce 1000 m), č. 16 (SYKFY o délce 1000 m), v kmitočtovém rozsahu 10 kHz až 2500 kHz.

Tabulka 4.4: *Vypočtené hodnoty vlnové impedance*

f [kHz]	Z_{0v} [Ω] SYKY 500 m	Z_{0v} [Ω] SYKFY 500 m	Z_{0v} [Ω] SYKY 1000 m	Z_{0v} [Ω] SYKFY 1000 m
10	151,1	136,6	151,9	137,8
30	112,0	101,3	112,6	102,1
50	105,7	95,6	106,3	96,4
80	102,6	92,8	103,1	93,5
100	101,5	91,8	102,0	92,5
200	98,8	89,4	99,3	90,1
300	97,3	88,1	97,9	88,8
500	95,4	86,3	95,9	87,0
700	94,1	85,2	94,7	85,8
900	93,2	84,3	93,7	85,0
1100	92,5	83,7	93,0	84,4
1300	91,9	83,2	92,5	83,9
1500	91,5	82,8	92,0	83,5
1700	91,2	82,5	91,7	83,1
1900	90,9	82,2	91,4	82,9
2100	90,6	82,0	91,1	82,6
2300	90,4	81,8	90,9	82,4
2500	90,2	81,6	90,7	82,3

Tyto vypočtené vlnové impedance jsou také pro názornost zobrazeny v grafech frekvenčních závislostí vlnových impedancí jednotlivých kabelových vedení.

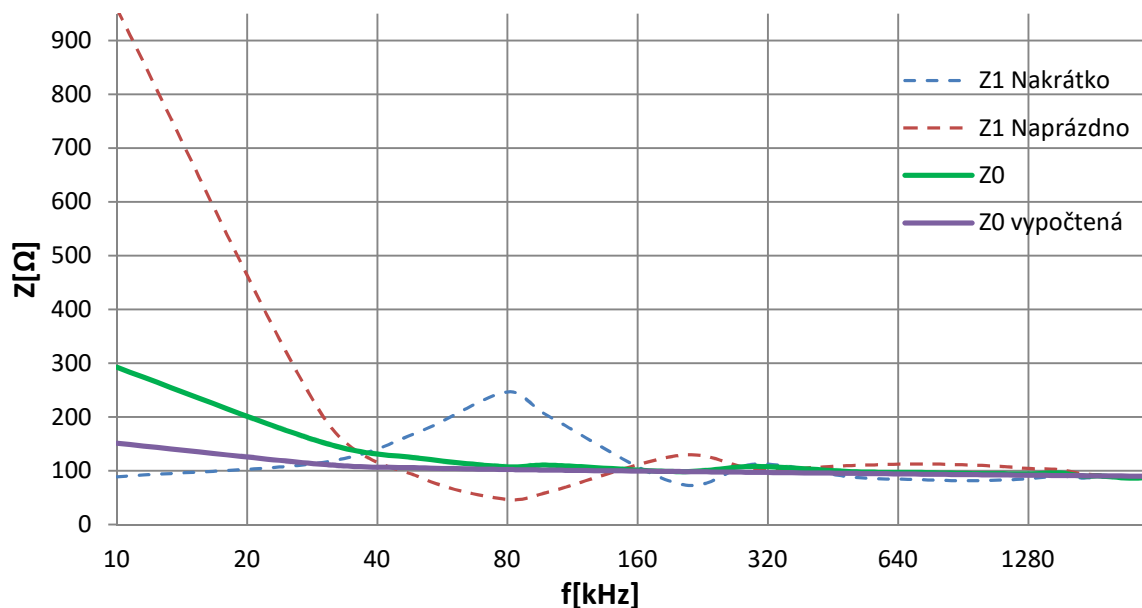
4.6.3 Výsledky měření

V následující tabulce 4.5 jsou uvedeny naměřené hodnoty absolutních napěťových úrovní při vedení zakončeném nakrátko a naprázdno pro kabel č.5 typu SYKY o délce 500 metrů. Z těchto hodnot jsou podle vztahu (4.4) vypočítány vstupní impedance Z_{I0} a $Z_{I\infty}$. Vlnová impedance Z_0 je vypočítána podle vztahu (4.5). Tabulky k ostatním zkoumaným kabelům jsou uvedeny v příloze C.

Tabulka 4.5: Naměřené a vypočtené hodnoty pro kabel č. 5

$R_i[\Omega]$	600				
$Z_2[\Omega]$	∞		0		
$f[\text{KHz}]$	$L_I[\text{dBu}]$	$Z_{I0}[\Omega]$	$L_I[\text{dBu}]$	$Z_{I\infty}[\Omega]$	$Z_0[\Omega]$
10	1,8	958,99	-11,75	89,07	292,26
30	-6	200,63	-9,8	115,82	152,44
50	-11,8	88,48	-7	172,54	123,56
80	-16,8	46,74	-4,7	246,32	107,30
100	-14,7	60,82	-6	200,63	110,47
200	-9,05	128,50	-13	328,75	205,53
300	-10,6	103,86	-10	112,69	108,18
500	-10,2	109,65	-11,8	88,48	98,50
700	-10	112,69	-12,2	83,94	97,26
900	-10,1	111,16	-12,4	81,77	95,34
1100	-10,3	108,17	-12,3	82,85	94,67
1300	-10,6	103,86	-12,05	85,62	94,30
1500	-10,7	102,47	-11,65	90,26	96,17
1700	-11,3	94,55	-11,95	86,75	90,57
1900	-11,5	92,07	-11,8	88,48	90,26
2100	-11,8	88,48	-12	86,18	87,32
2300	-12	86,18	-11,95	86,75	86,46
2500	-11,6	90,86	-11,6	90,86	90,86

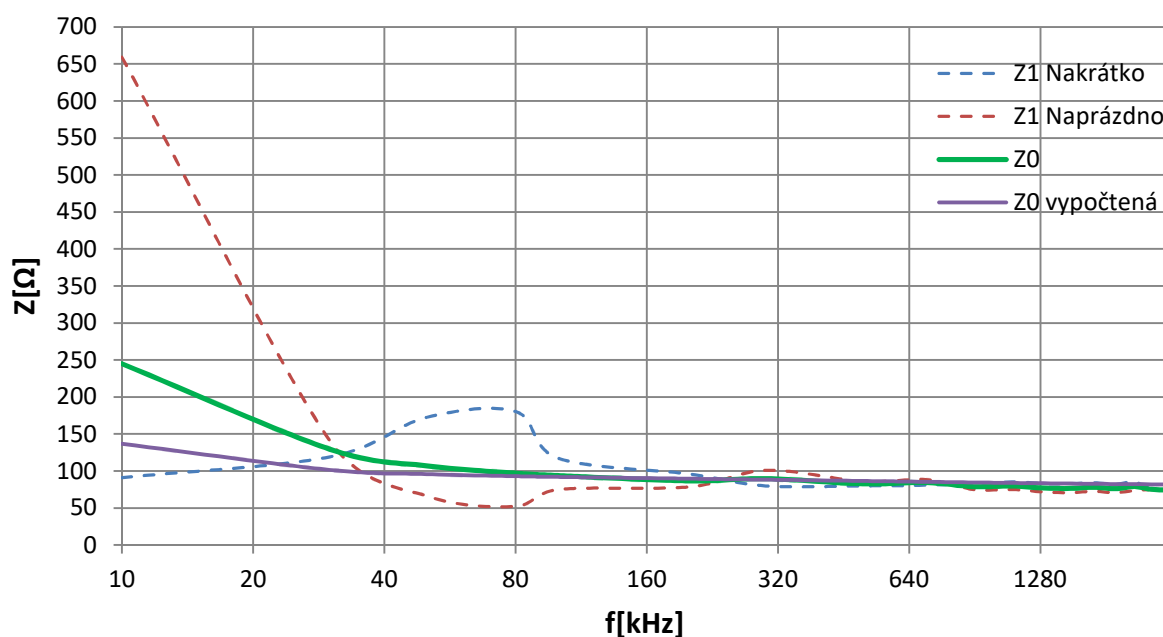
Následující grafy 4.5, 4.6, 4.7 a 4.8 zobrazují frekvenční závislosti vlnových impedancí měřených kabelů č. 5 (SYKY o délce 500 m), č. 13 (SYKFY o délce 500 m), č. 7 (SYKY o délce 1000 m), č. 16 (SYKFY o délce 1000 m). Čárkovaně jsou zobrazeny průběhy vstupních impedancí měřené při vedení zakončeném nakrátko a naprázdno. Pro porovnání jsou zde fialově zobrazeny průběhy vypočtených vlnových impedancí, které se nachází v tabulce 4.4.



Obrázek 4.5: Frekvenční závislost vlnové impedance kabelu č.5

Vlnová impedance Z_0 má v kmitočtovém rozsahu od 10 kHz do asi 80 kHz klesající průběh, při vyšších frekvencích je až na menší výchylky konstantní. Její hodnota se při zvyšujícím se kmitočtu blíží asi k 90 Ω , což je podle [15] hodnota vlnové impedance uváděná pro tento typ kabelů.

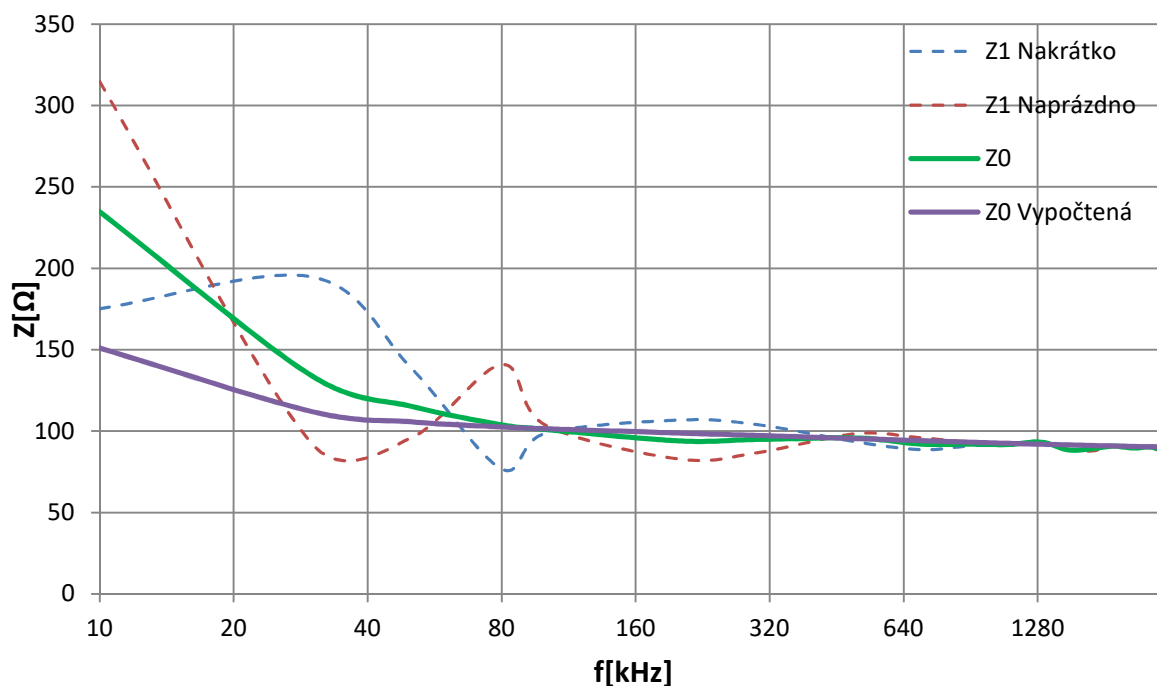
Vlnová impedance je asi do 80 kHz vyšší než vypočtená. Při 10 kHz je asi o 150 Ω vyšší a postupně se k vypočítané vlnové impedanci blíží. Při kmitočtech nad 80 kHz se již jejich hodnoty až na menší výchylky shodují.



Obrázek 4.6: Frekvenční závislost vlnové impedance kabelu č. 13

Vlnová impedance tohoto kabelu typu SYKFY má při kmitočtu 10 kHz hodnotu asi $245\ \Omega$ a se zvyšujícím se kmitočtem se její hodnota blíží asi k $70\ \Omega$. Tato hodnota podle [14] odpovídá spíše koaxiálnímu kabelu.

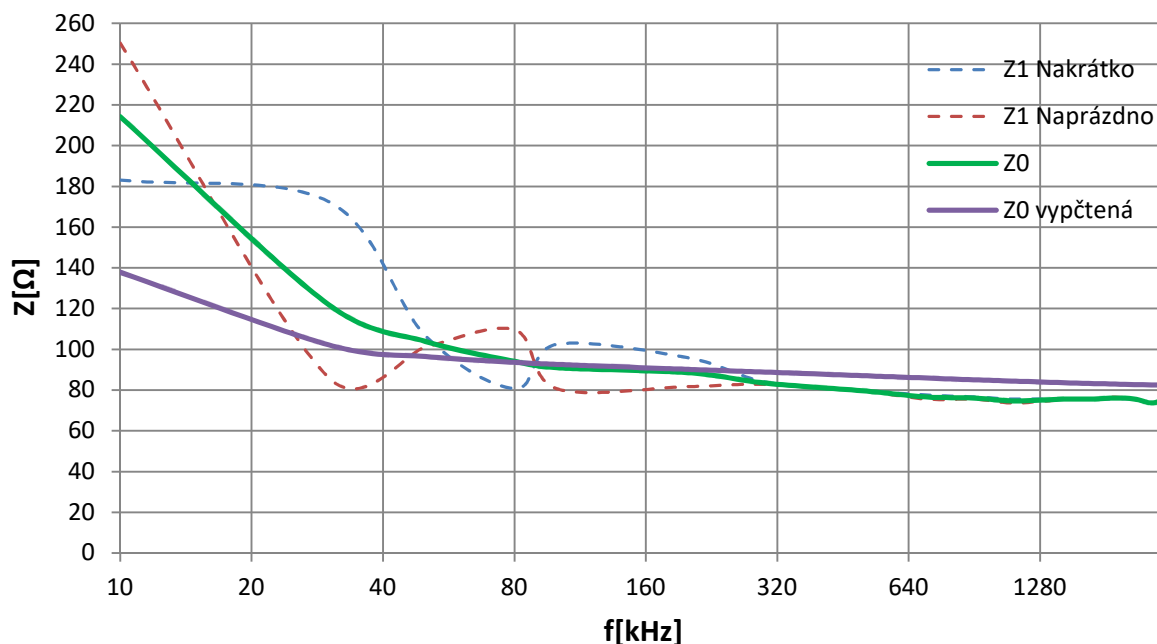
Vlnová impedance je v porovnání s vypočtenou opět vyšší asi do kmitočtu 80 kHz, potom se jejich hodnoty až na menší rozdíly shodují.



Obrázek 4.7: Frekvenční závislost vlnové impedance kabelu č. 7

Vlnová impedance kabelu SYKY o délce 1000 metrů se podobně jako u kabelu stejného typu o délce 500 metrů se zvyšujícím se kmitočtem blíží hodnotě $90\ \Omega$, z toho vyplývá, že délka kabelu nemá vliv na hodnotu jeho vlnové impedance. Menší rozdíly ve vlnové impedanci mezi těmito dvěma kabely jsou zapříčiněny nepřesnostmi při odečítání z analogového měřiče úrovně a chybami přístrojů.

Měřením získaná vlnová impedance tohoto kabelu je opět ve frekvenčním pásmu asi do 80 kHz vyšší než vypočtená. Při frekvenci 200 kHz dochází k výchylce od vypočtené hodnoty o asi $10\ \Omega$, potom se se zvyšující frekvencí oba průběhy srovnávají a s menšími výchylkami pokračují shodně až do nejvyšší frekvence 2500 kHz.



Obrázek 4.8: Frekvenční závislost vlnové impedance kabelu č. 16

Vlnová impedance měřeného kabelu typu SYKFY o délce 1000 metrů se opět stejně jako u kabelu stejného typu s délkou 500 metrů se zvyšujícím se kmitočtem blíží k hodnotě 70 Ω.

Naměřená vlnová impedance je stejně jako v předchozích třech případech vyšší než vypočtená do kmitočtu přibližně 80 kHz, kde se jejich hodnoty začínají shodovat. V tomto případě, ale pouze od frekvence asi 200 kHz, potom je její hodnota až do nejvyšší měřené frekvence 2500 kHz přibližně o 10 Ω menší. Zmiňovaná odchylka je nejspíš způsobena odečítáním z analogového měřiče úrovně a chybami přístrojů.

Ze všech uvedených průběhů lze usoudit, že délka vedení nemá vliv na velikost jeho vlnové impedance. Rozdíly jsou v typu kabelu. U kabelů typu SYKY je její hodnota asi 90 Ω, což je podle [15] hodnota, pro tento typ kabelu. Vlnová impedance kabelů typu SYKFY je přibližně 70 Ω, tato hodnota se udává spíše u koaxiálních kabelů [14]. Výrobce Kabelovna Děčín Podmokly, s.r.o. udává podle tabulky 3.3 pro kabely SYKY i SYKFY hodnotu 85 ± 20 Ω, obě hodnoty vlnové impedance kabelů zjištěné měřením jsou v toleranci.

5 Modelování parametrů vedení podle modelů British Telecom

Jak metalické účastnické přípojky v přístupové síti, tak i vnitřní metalické rozvody jsou tvořeny symetrickými vedeními. Primární i sekundární parametry těchto metalických vedení jsou frekvenčně závislé. Pro digitální vysokorychlostní systémy xDSL nás zajímá frekvenční pásmo od několika desítek kHz až do asi 2 MHz pro přípojky VDSL je toto frekvenční pásmo výrazně širší, jedná se o rozsah od desítek kHz až do přibližně 30 MHz. Parametry symetrických párů lze získat měřením, ale pro získání základních charakteristik a simulaci chování systémů, které jsou instalované na metalické přípojky je účelnější definovat funkce, které modelují vlastnosti těchto měřených symetrických párů. Existují různé druhy modelů, některé modelují primární parametry vedení, například British telecom a některé modely modelují měřené sekundární parametry vedení, například Deutsche Telekom. [1]

5.1 Modely British Telecom

Modelů British Telecom existuje několik a každý z nich je koncipován pro určité omezené kmitočtové pásmo a omezenou přesnost. Všechny tyto modely modelují primární parametry vedení. Se zvyšující se frekvencí tyto modely zavádí další parametry.

5.1.1 Tříparametrový model

Nejjednodušším modelem British Telecom je tříparametrový model, který uvažuje měrnou kapacitu a indukčnost jako konstanty a zanedbává svod. Měrný odpor pak modeluje podle [1] následující funkce (5.1).

$$R(f) = r \cdot \sqrt{f} \text{ } [\Omega/\text{km}] \quad (5.1)$$

Nárůst měrného odporu způsobuje především skin efekt neboli povrchový jev. Při skin efektu dochází k vytlačování elektrického proudu k povrchu vodiče, je to dáno tím, že elektrický střídavý proud, který prochází vodičem kolem sebe uzavírá siločáry magnetického indukčního toku. Určitá část tohoto indukčního toku prochází i stejným vodičem a v důsledku toho v něm indukuje uzavřené vířivé proudy, které mají blíže ke středu vodiče opačný směr než původní elektrický proud, a proto se od něj odečítají. Naopak blíže k povrchu vodiče jsou směry vířivých proudů s původním elektrickým proudem shodné, proto se počítají.[1][11]

5.1.2 Sedmiparametrový model

Pro frekvenční pásmo do 2,5 MHz se používá sedmiparametrového modelu British Telecom. Tento model na rozdíl od předchozího tříparametrového definuje také funkce pro měrnou kapacitu a indukčnost, svod je při těchto frekvencích i nadále velice malý, a proto se zanedbává. [1]

Měrný odpor pak definuje následovně[1]:

$$R(f) = \sqrt[4]{r_0^4 + a \cdot f^2} \text{ [}\Omega/\text{km]} \quad (5.2)$$

Měrnou indukčnost definuje vztahem[1]:

$$L(f) = \frac{l_0 + l_\infty \cdot \left(\frac{f}{f_m}\right)^b}{1 + \left(\frac{f}{f_m}\right)^b} \text{ [H/km]} \quad (5.3)$$

měrná kapacita je definována[1]:

$$C(f) = c_\infty \text{ [F/km]} \quad (5.4)$$

Následující tabulka 5.1 uvádí parametry vedení pro sedmiparametrový model British Telecom, podle ETSI a doporučení ITU-T G.996.1.S

Tabulka 5.1: *Parametry vedení v závislosti na průměru jádra vodiče podle ETSI a doporučení ITU-T G.906.1*

d [mm]	r_{0c} [Ω/km]	a_c	l_0 [$\mu\text{H}/\text{km}$]	l_∞ [$\mu\text{H}/\text{km}$]	f_m	b	c_∞ [nF/km]
0.32	409	0.3822	607.5	500	0.609	5.269	40
0.4	280	0.0969	587.3	426	0.7459	1.385	50
0.5	179	0.0561	674.6	532.7	0.6647	1.195	50
0.63	113	0.0257	699.3	477.2	0.2658	1.096	45
0.9	55	0.0094	750.9	520.5	0.1238	0.9604	40

5.1.3 Devítiparametrový model

Devítiparametrový model British Telecom se používá přibližně do kmitočtu 10 MHz, tento model rozšiřuje sedmiparametrový, kdy používá stejné funkce pro modelování odporu,

indukčnosti a kapacity viz. funkce 5.2, 3.3 a 5.4. Jako rozšíření přidává další dva parametry pro modelování svodu jak udává funkce (5.5) podle [1]:

$$G(f) = g_0 \cdot f^{g_e} \text{ [S/km]} \quad (5.5)$$

5.1.4 Třináctiparametrový model

Třináctiparametrový model British Telecom se používá při frekvencích od 10 MHz až do asi 30 MHz. Do tohoto frekvenčního pásma zasahuje spektrum systému VDSL. Tento model díky vyšším kmitočtům zavádí další parametry a funkce pro měrný odpor a kapacitu, které jsou oproti předchozím používaným v nižších modelech znatelně složitější. Funkce pro modelování indukčnosti zůstává stejná jako v sedmi a devítiparametrovém modelu (5.3). Svod modeluje podle funkce (5.5), která je používaná také předchozím devítiparametrovým modelem.[1]

Měrný odpor je podle třináctiparametrového modelu British Telecom modelován podle funkce (5.6) následovně:

$$R(f) = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt[4]{r_{0c}^4 + a_c \cdot f^2}} + \frac{1}{r_{0s}^4 + a_s \cdot f^2}} \text{ [\Omega/km]} \quad (5.6)$$

Měrná kapacita je pak definována:

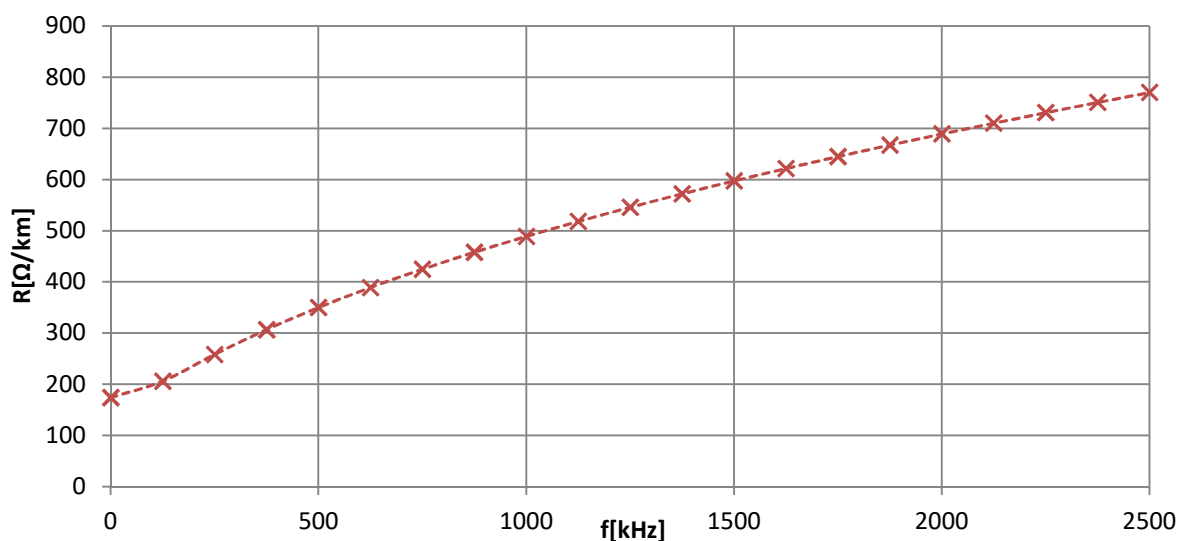
$$C(f) = c_\infty + c_0 \cdot f^{-c_e} \text{ [F/km]} \quad (5.7)$$

5.2 Modelování parametrů vedení podle modelu British Telecom v oblasti do 2,5 MHz

K modelování primárních parametrů vedení ve frekvenčním pásmu od 0 MHz do 2,5 MHz byly použity funkce (5.2), (5.3), (5.4) udávané sedmiparametrovým modelem British Telecom.

5.2.1 Modelování frekvenční závislosti odporu vedení

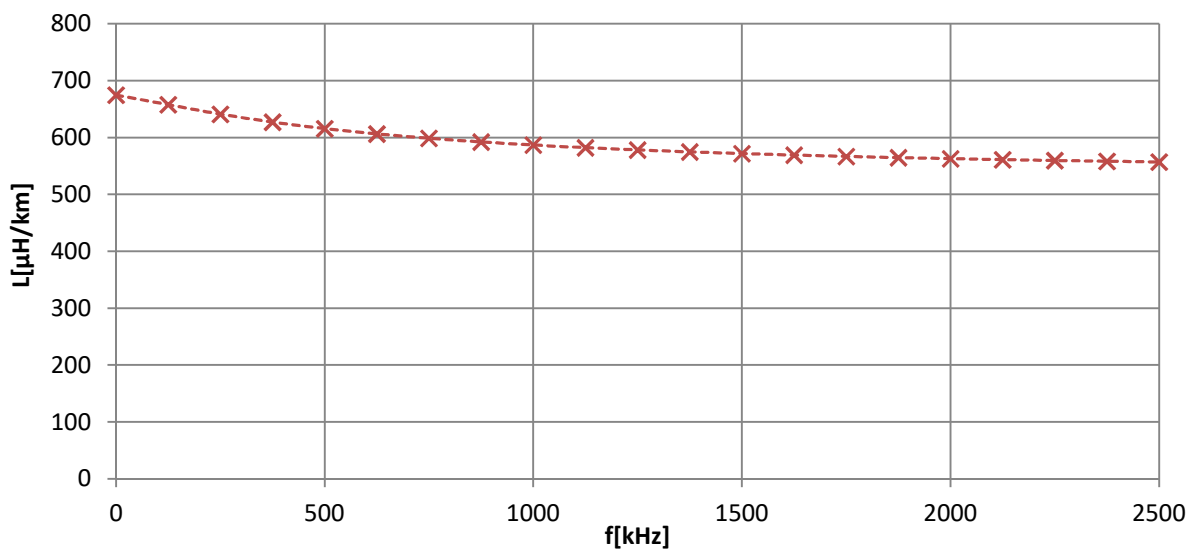
Z grafu 5.2 je patrné, že odpor vedení s rostoucím kmitočtem roste. Hodnota odporu při frekvenci 0 Hz byla vypočítána průměrem ze středních hodnot všech kabelových vedení, které jsou uvedeny v tabulce 4.2, tato hodnota je 173,56 Ω/km . Odpor vedení plynule roste od hodnoty odporu při frekvenci 0 Hz až po nejvyšší hodnotu 770 Ω/km při 2,5 MHz.



Obrázek 5.1: Frekvenční závislost odporu vedení podle sedmiparametrového modelu British Telecom

5.2.2 Modelování frekvenční závislosti indukčnosti vedení

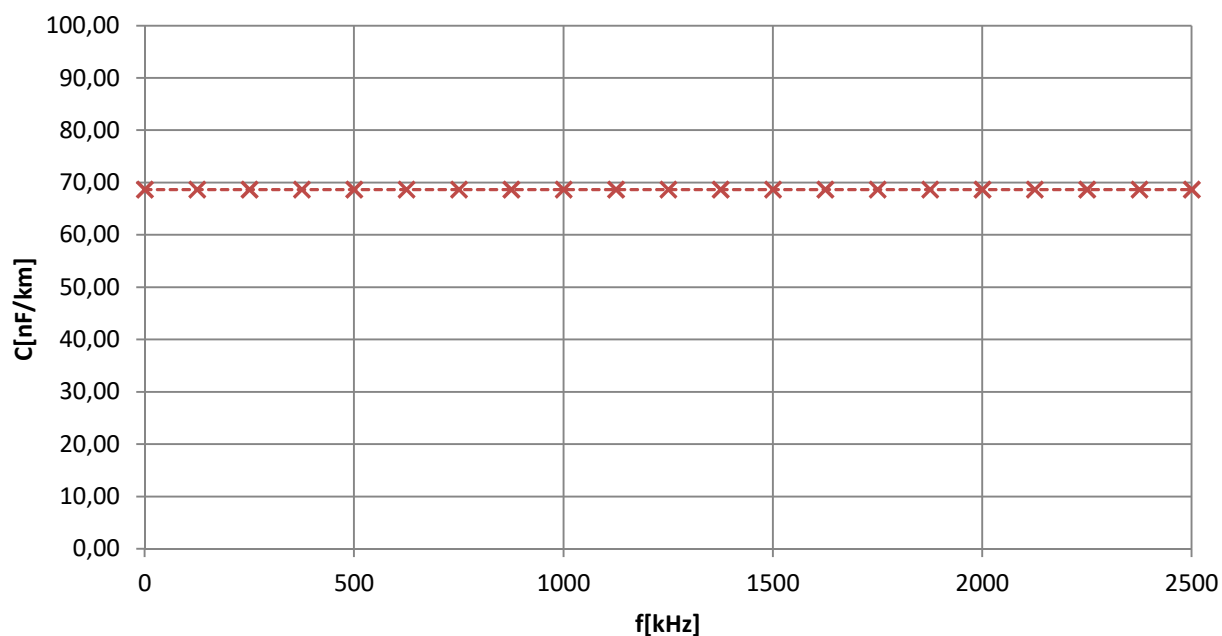
Indukčnost podle grafu na obrázku 5.3 klesá se zvyšujícím se kmitočtem. Při frekvenci 0 Hz její hodnota 674,6 $\mu\text{H/km}$ a se zvyšujícím se kmitočtem postupně klesá až na 556,9 $\mu\text{H/km}$ při frekvenci 2,5 MHz. Průběh frekvenční závislosti indukčnosti vedení klesá v první polovině frekvenčního pásma tzn. od 0 kHz do asi 1250 kHz strměji než v jeho druhé polovině, kde je již strmost klesání nižší. Hodnoty parametrů byly převzaty z tabulky 5.1.



Obrázek 5.2: Frekvenční závislost indukčnosti vedení podle sedmiparametrového modelu British Telecom

5.2.3 Modelování frekvenční závislosti kapacity vedení

Kapacita vedení je podle funkce (5.4) kterou udává sedmiparametrový model British Telecom konstantní v celém frekvenčním pásmu od 0 kHz až do 2500 kHz. Frekvenční závislost kapacity vedení na frekvenci je zobrazena na grafu 5.3.



Obrázek 5.3: Frekvenční závislost kapacity vedení podle sedmiparametrového modelu British Telecom

Závěr

Hlavním cílem práce bylo vypracovat technickou dokumentaci ke všem dvaceti kabelovým vedením typu SYKY a SYKFY, které se nachází v laboratoři Přenosových systémů a médií, následně stanovit střední hodnoty jejich parametrů a zjistit jejich frekvenční závislost ve frekvenční oblasti do 2,5 MHz. Všechny zjištěné hodnoty následně porovnat s katalogovými.

K měření odporu jader a kapacity mezi žilami byl použit stolní digitální multimetr UNI-T UT805. Z výsledných naměřených hodnot lze usoudit, že typ kabelu nemá vliv na jeho odpor. Hodnoty odporu všech kabelů jsou až na menší odchylky, které jsou způsobeny chybami měření, velice podobné. Zásadní rozdíl je však v kapacitě, kdy se u stíněného kabelu SYKFY projevila vyšší kapacita než u kabelu typu SYKY, který žádné stínění nemá. Jelikož je elektrický odpor tepelně závislá veličina, bylo nutné při každém měření zaznamenat také teplotu vzduchu, což bylo provedeno přenosným digitálním multimetrem Agilent U1251A. Díky tomu mohly být při tvorbě měřících protokolů všechny hodnoty odporů přepočítány na 20 °C. Hodnoty rezistivity mědi se v různých tabulkách liší, proto je v této práci u každého kabelového vedení vypočítána také jeho rezistivita (reálná délka byla určena podle potisku na začátku a konci kabelu).

Vlnová impedance byla pro všechny kabely vypočítána jako geometrický průměr vstupních impedancí s vedením zakončeným nakrátko a naprázdno, pro měření napětíových úrovní, ze kterých byly vstupní impedance vypočítány byl jako generátor použit přístroj METEX UNIVERSAL-SYSTEM MS-9170. Pro měření úrovně napětí byl použit analogový AC milivoltmetr Instek GVT-427B. Výsledné vlnové impedance byly až na menší rozdíly u kabelů stejného typu o rozdílných délkách shodné, proto lze usoudit, že délka vedení nemá vliv na jeho vlnovou impedanci. Naopak s typem kabelu se vlnová impedance zásadně měnila. U kabelu typu SYKY byla její hodnota v souladu s hodnotami uváděnými v odborné literatuře pro tento typ kabelů. Vlnová impedance kabelů typu SYKFY je oproti kabelům typu SYKY nižší, přičemž se tato hodnota běžně uvádí u koaxiálních kabelů. Výsledné hodnoty vlnových impedancí se však v obou případech shodují s tolerancí, kterou udává výrobce.

K modelování frekvenčních závislostí primárních parametrů kabelových vedení byl použit sedmiparametrový model podle British Telecom. Tento model se používá pro frekvence od 0 Hz do 2,5 MHz. Modeluje primární parametry R , L , C a svod G , který je při těchto kmitočtech zanedbatelný. Odpor vedení roste se zvyšujícím se kmitočtem, kapacita je konstantní a indukčnost mírně klesá.

Hlavním přínosem této práce je zdokumentování parametrů všech zkoumaných kabelových vedení pro potřeby výuky, která v laboratoři Přenosových médií probíhá.

Použitá literatura

- [1] VODRÁŽKA, Jiří a Ing. Boris ŠIMÁK. Digitální účastnické přípojky XDSL: Díl 2. Přenosové prostředí, druhá generace ADSL a VDSL, měření na přípojkách. Praha: Sdělovací technika spol., 2008. ISBN 80-86645-16-9.

- [2] TECHNICKÉ PODMÍNKY č. TP 31.30.13 - KD - 02/97 Kabely pro vnitřní instalace a propojení typu S Y K Y a S Y K F Y. *TECHNICKÉ PODMÍNKY č. TP 31.30.13 - KD - 02/97 Kabely pro vnitřní instalace a propojení typu S Y K Y a S Y K F Y* [online]. Děčín, 1997, , 1-9 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z http://www.kabelovna.cz/files/technicke_podminky/tp_31-30-13-kd-%2002-97-sykfy.pdf

- [3] Stíněný kabel. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-[cit. 2017-03-27]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=St%C3%ADn%C4%9Bn%C3%BD_kabel&oldid=14845297

- [4] *UNI-T: Model UT805 OPERATING MANUAL* [online]. Dong Fang Da Dao, Bei Shan Dong Fang Industrial Development District, Hu Men Town, Dong Guan City, Guang Dong Province, China: UNI-TREND TECHNOLOGY, 2005 [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <https://data2.manualslib.com/pdf3/54/5387/538620-unit/ut805.pdf?a2fff3abea872d089941272bb8375144>

- [5] *Agilent U1251A and U1252A Handheld Digital Multimeter: User's and Service Guide* [online]. Malaysia: Agilent Technologies, 2012 [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/U1251-90003.pdf>

- [6] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Rezistivita* [online]. c2016 [citováno 13. 04. 2017]. Dostupný z WWW: <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Rezistivita&oldid=13334624>

- [7] *1. PRIMÁRNÍ PARAMETRY VEDENÍ* [online]. Ostrava: SŠ TELEINFORMATIKY, 2009 [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: http://www.telskol-pohoda.wz.cz/files/tps/1.PRIMARNI_PARAMETRY_VEDENI.pdf

- [8] *How to Determine Digital Multimeter Accuracy* [online]. Cleveland: Design World, 2010 [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <http://www.designworldonline.com/how-to-determine-digital-multimeter-accuracy/>

- [9] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Teplotní součinitel elektrického odporu* [online]. c2017 [citováno 14. 04. 2017]. Dostupný z WWW: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Teplotn%C3%AD_sou%C4%8Dinitel_elektrick%C3%A9ho_odporu&oldid=14707235
- [10] ITU-T, 2001. Committed to connecting the world. In: G.996.1 : Test procedures for digital subscriber line (DSL) transceivers [online].2001 [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.996.1/en>
- [11] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Skin efekt* [online]. c2016 [citováno 15. 04. 2017]. Dostupný z WWW: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Skin_efekt&oldid=13783974
- [12] GW Instek GVT-427B User Manual. *MANUALS DIRECRORY* [online]. [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.manualsdir.com/manuals/367398/gw-instek-gvt-427b.html>
- [13] *UNIVERSAL SYSTEM MS-9160: OPERATING MANUAL* [online]. [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: https://verleih.fhstp.ac.at/upload/Multimesstation_MS-9160_1306239070.pdf
- [14] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Koaxiální kabel* [online]. c2016 [citováno 18. 04. 2017]. Dostupný z WWW: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Koaxi%C3%A1ln%C3%AD_kabel&oldid=13611866
- [15] SVOBODA, Jaroslav, Boris ŠIMÁK a Tomáš ZEMAN. *ZÁKLADY TELEINFORMATIKY*. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01767-2.
- [16] HOTÁREK, Lukáš. *Koaxiální kabely v komunikačních sítích*. Brno, 2013. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Miloslav Filka.
- [17] *Přenosové cesty a jejich charakteristiky (metalické, rádiové, optické) – praxe č.26* [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.bakal06.chytrak.cz/46---P%F8enosov%E9-cesty.pdf>

- [18] *ELEKTRO: odborný časopis pro elektrotechniku* [online]. Praha: FCC PUBLIC, 2004, 2004(02) [cit. 2017-04-26].
Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/obsah-cisla-02-2004--290>
- [19] *Science Dictionary: The World's Largest Online Science Dictionary* [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://thesciencedictionary.org/insulation-resistance/>
- [20] *SYKY: Sdělovací vnitřní kabely nestíněné* [online]. Praha: PRAKAB [cit. 2017-04-26].
Dostupné z: <http://www.prakab.cz/upload/bilder/Produkte/images-pdfs-EN/halogen-free-wires-and-cables/SYKY.pdf>
- [21] *SYKFY: Sdělovací vnitřní kabely s Al stíněním* [online]. Praha: PRAKAB [cit. 2017-04-26].
Dostupné z: <http://www.prakab.cz/upload/bilder/Produkte/images-pdfs-EN/telecommunication-cables/SYKFY.pdf>
- [22] *SYKFY: dle ČSN IEC 189-2 Vícežilový úložný kabel vnitřní* [online]. Kladno: nkt cables Group [cit. 2017-04-26]. Dostupné z:
http://www.nktcables.cz/fileadmin/user_upload/Products/Data_sheets/SYKFY+DS+CZ+EN.pdf
- [23] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Parazitní kapacita* [online]. c2013 [citováno 26. 04. 2017].
Dostupný z WWW:
https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Parazitn%C3%AD_kapacita&oldid=10439889

Seznam příloh

Příloha A:	Střední hodnoty parametrů všech kabelových vedení	I
Příloha B:	Parametry vedení z literatury	II
Příloha C:	Vlnová impedance.....	iv
Příloha D:	Rezistivita mědi.....	vi
Příloha E:	Protokoly o měření ke kabelovým vedením č. 2-20.....	vii

Tabulka A.1: Výsledné střední hodnoty pro kabely SYKY500

Cívka č.	$l_{\text{reálná}}$ [m]	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{\text{průmerný}}$ [Ω/km]	$C_{\text{průmerná}}$ [nF/km]	$\rho_{\text{vypočtené}}$ [μΩ·m]
1	495	87,531	87,653	87,696	87,672	69,022	70,481	87,638	69,752	0,01721
2	500	86,341	86,429	86,551	86,536	70,040	71,314	86,464	70,677	0,01699
3	497	86,634	86,748	86,755	86,620	69,165	71,221	86,689	70,193	0,01704
4	497	86,497	86,501	86,592	86,576	67,936	68,459	86,542	68,197	0,01700
5	497	86,527	86,891	86,636	87,453	64,177	64,948	86,877	64,562	0,01707

Tabulka A.2: Výsledné střední hodnoty pro kabely SYKY1000

Cívka č.	$l_{\text{reálná}}$ [m]	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{\text{průmerný}}$ [Ω/km]	$C_{\text{průmerná}}$ [nF/km]	$\rho_{\text{vypočtené}}$ [μΩ·m]
6	995	86,289	86,416	86,455	86,471	68,532	69,840	86,408	69,186	0,01698
7	996	86,374	86,458	86,572	86,489	70,316	72,002	86,473	71,159	0,01699
8	1022	83,748	83,795	83,996	83,938	65,064	66,004	83,869	65,534	0,01648
9	997	85,959	86,067	86,243	86,178	65,968	67,806	86,112	66,887	0,01692
10	996	86,221	86,282	86,414	86,372	66,150	67,538	86,322	66,844	0,01696

Tabulka A.3: Výsledné střední hodnoty pro kabely SYKY500

Cívka č.	$l_{\text{reálná}}$ [m]	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{\text{průmerný}}$ [Ω/km]	$C_{\text{průmerná}}$ [nF/km]	$\rho_{\text{vypočtené}}$ [μΩ·m]
11	498	87,510	87,390	87,718	87,473	84,036	81,653	87,523	82,844	0,01720
12	500	86,865	86,924	87,133	87,034	85,536	84,464	86,989	85,000	0,01710
13	500	87,375	87,529	87,489	87,529	84,824	82,168	87,480	83,496	0,01718
14	496	87,289	87,492	87,686	87,641	84,857	83,490	87,527	84,173	0,01719
15	500	87,499	87,613	87,649	87,678	85,194	83,062	87,610	84,128	0,01721

Tabulka A.4: Výsledné střední hodnoty pro kabely SYKFY1000

Cívka č.	$l_{\text{reálná}}$ [m]	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{\text{průmerný}}$ [Ω/km]	$C_{\text{průmerná}}$ [nF/km]	$\rho_{\text{vypočtené}}$ [μΩ·m]
16	1000	86,965	87,077	87,189	87,125	86,709	83,793	87,089	85,251	0,01711
17	999	87,246	87,360	87,405	87,452	84,293	82,398	87,366	83,346	0,01716
18	1000	87,019	87,221	87,313	87,346	84,663	83,479	87,225	84,071	0,01714
19	1000	86,874	86,900	87,012	87,077	84,379	82,863	86,966	83,621	0,01709
20	998	86,393	86,397	86,469	86,488	77,412	75,799	86,437	76,605	0,01698

Tabulka B.1: Shrnutí parametrů vedení sedmiparametrového a třináctiparametrového modelu

Parametry:	r_{oc}	a_c	r_{os}	a_s	l_o	l_∞	f_m	b	c_∞
Modely:	-	-	$\cdot 10^{18}$	-	$\cdot 10^{-6}$	$\cdot 10^{-6}$	$\cdot 10^6$	-	$\cdot 10^{-9}$
7BT 0.4 mm	280	0.26566	∞	0	786.9	744.9	dub.13	8.527	33.4
13BT 0.4 mm	280	0.0166	127.85	0.00105	786.9	744.9	dub.13	8.527	39.2
7BT 0.4 mm	280	0.0969	∞	0	587.3	426	0.7459	1.385	50

Zdroj: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/04056/index.html>

Tabulka B.2: Parametry vedení podle doporučení ITU-T G.996.1

	r_{oc}	a_c	L_0	l_∞	f_m	b
24 AWG	174.559	0.05307	617.295	478.971	553.76	1.15298
26 AWG	286.176	0.14769620	675.369	488.952	806.339	0.929

Zdroj: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.996.1/en>

Tabulka B.3: Parametry kabelů podle modelu KPN#1

Kabel	$Z_{0\infty}$	c/c_0	R_{s0}	$2\pi \tan(\phi)$	K_f	K_l	K_n	K_c	N	f_{c0}	M
L1	136,651	0,79766	0,168145	0,13115	0,72	1,2	1	1,08258	0,7	4521710	1
L2	136,047	0,798958	0,168146	0,169998	0,7	1,1	1	1,08201	1	1862950	1
L3	137,527	0,850608	0,065682	0,114526	1	1	1	1,06967	1	559844	1
L4	137,005	0,787661	0,168145	0,153522	0,9	1	1	1,07478	1	557458	1

Zdroj:

https://books.google.cz/books?id=m77kZl71gysC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_g%20e_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Tabulka B.4: *Parametry kabelů podle modelu BT#9*

	ITU-T G.996.1 0.32	ITU-T G.996.1 0.4	ITU-T G.996.1 0.5	UTP cat. 5e	TCEPKPELE 75 x 4 x 0,4
r_{0c}	409	280	179	178	280
a_c	0,3822	0,0969	0,0561	0,019	0,26566
l_0	$607,5 \cdot 10^{-6}$	$587,13 \cdot 10^{-6}$	$673,6 \cdot 10^{-6}$	$50 \cdot 10^{-6}$	$787 \cdot 10^{-6}$
l_∞	$500 \cdot 10^{-6}$	$427 \cdot 10^{-6}$	$544,3 \cdot 10^{-6}$	$390 \cdot 10^{-6}$	$745 \cdot 10^{-6}$
b	5,52464	1,395	1,3013	0,3	4,133
f_m	$609 \cdot 10^3$	$739 \cdot 10^3$	$580,93 \cdot 10^3$	$25 \cdot 10^3$	$8,5268 \cdot 10^3$
c_∞	$40 \cdot 10^{-9}$	$50 \cdot 10^{-9}$	$50 \cdot 10^{-9}$	$38 \cdot 10^{-9}$	$35,42 \cdot 10^{-9}$
g_0	0	0	0	$7 e^{-12}$	0
g_e	0	0	0	1,02	0

Zdroj: <http://advances.utc.sk/index.php/AEEE/article/view/787/865>Tabulka B.5: *Parametry kabelů podle modelu BT#1*

Typ Kabelu	r_{0c} N_b	a_c g_0	r_{0s} N_{ge}	a_s C_0	L_0 $C.$	$L.$ N_{ce}	f_m
BT_dw1	65,32 1,30698	2,715E-03 8,550E-07	0 0,746	0 4,66E-08	8,84E-04 2,80E-08	8,01E-04 0,117439	263371
BT_dw3	355,321 1,12676	5,354E-03 1,372E-07	1281,3 0,807645	30286,34 3,44E-08	1,14E-03 2,44E-08	7,08E-04 0,06589	15211
BT_dw5	335,321 1,52968	1,100E-02 3,257E-08	1116,45 0,919	13175,643 3,16E-08	1,14E-03 2,93E-08	7,93E-04 0,111549	20842,6
BT_dw6	270,70256 1,3579	2,490E-03 3,600E-07	774,2322 0,777	3349,76 3,94E-08	1,11E-03 2,73E-08	7,60E-04 0,106593	15668
BT_dw8	41,16 1,1952665	1,218E-09 5,300E-08	0 0,88	0 3,18E-08	1,00E-03 2,27E-08	9,11E-04 0,110866	174877.
BT_dw10	180,93 0,75577086	4,972E-02 8,904E-08	0 0,856063	0 6,38E-08	7,29E-04 5,09E-08	5,43E-04 0,115846	718888.
BT_dw10	55,460555 0,93970931	4,992E-03 2,00E-08	0 0,88	0 5,80E-09	6,21E-10 5,11E-08	4,62E-04 0,115846	193049.
BT_dwug	179 1,2	3,59E-02 5,00E-10	0 1,033	0 1,00E-09	6,95E-04 5,50E-08	5,85E-04 0,1	1,00E+06

Zdroj: <http://ftp.tiaonline.org/TR-30/TR-30.3/Public/0206%20Columbia/ETSI%20Documents/970p02r3%20ETSI%20Cable%20Reference%20Models.pdf>

Tabulka C.1: Naměřené a vypočtené hodnoty pro kabel č. 13

$R_i[\Omega]$	600				
$Z_2[\Omega]$	∞		0		
$f[\text{Khz}]$	$L_I[\text{dBu}]$	$Z_{I0}[\Omega]$	$L_I[\text{dBu}]$	$Z_{Ik}[\Omega]$	$Z_0[\Omega]$
10	0,4	659,35	-11,6	90,86	244,76
30	-8,4	140,83	-9,6	119,05	129,48
50	-14	66,49	-7	172,54	107,11
80	-15,9	52,29	-6,7	180,43	97,13
100	-13,05	75,14	-9,7	117,42	93,93
200	-12,7	78,63	-11,2	95,82	86,80
300	-10,8	101,10	-12,6	79,66	89,74
500	-12	86,18	-12,6	79,66	82,86
700	-11,8	88,48	-12,5	80,71	84,51
900	-13,05	75,14	-12,3	82,85	78,90
1100	-13,05	75,14	-12,1	85,05	79,94
1300	-13,4	71,82	-12,3	82,85	77,14
1500	-13,5	70,90	-12,3	82,85	76,64
1700	-13,3	72,75	-12,2	83,94	78,15
1900	-13,5	70,90	-12,4	81,77	76,14
2100	-13,2	73,69	-12,1	85,05	79,17
2300	-13,05	75,14	-13	75,63	75,38
2500	-13,1	74,65	-13,1	74,65	74,65

Tabulka C.2: Naměřené a vypočtené hodnoty pro kabel č. 7

$R_i[\Omega]$	600				0
$Z_2[\Omega]$	∞	0	$Z_2[\Omega]$	∞	
$f[\text{Khz}]$	$L_I[\text{dBu}]$	$Z_{I0}[\Omega]$	$f[\text{Khz}]$	$L_I[\text{dBu}]$	$Z_{I0}[\Omega]$
10	-3,25	314,54	-6,9	175,12	234,70
30	-11,5	92,07	-6,2	194,59	133,85
50	-11,2	95,82	-8,5	138,84	115,34
80	-8,4	140,83	-12,9	76,61	103,87
100	-10,6	103,86	-11	98,42	101,11
200	-12,3	82,85	-10,4	106,71	94,03
300	-11,95	86,75	-10,6	103,86	94,92
500	-11	98,42	-11,4	93,30	95,83
700	-11,2	95,82	-11,8	88,48	92,08
900	-11,4	93,30	-11,6	90,86	92,07
1100	-11,5	92,07	-11,55	91,46	91,77
1300	-11,4	93,30	-11,4	93,30	93,30
1500	-11,8	88,48	-11,8	88,48	88,48
1700	-11,85	87,90	-11,6	90,86	89,37
1900	-11,6	90,86	-11,6	90,86	90,86
2100	-11,7	89,66	-11,7	89,66	89,66
2300	-11,7	89,66	-11,6	90,86	90,26
2500	-12	86,18	-11,8	88,48	87,32

Tabulka C.3: Naměřené a vypočtené hodnoty pro kabel č. 16

$R_i[\Omega]$	600				$Z_2[\Omega]$
$Z_2[\Omega]$	∞		0		
$f[\text{Khz}]$	$L_l[\text{dBu}]$	$Z_{l0}[\Omega]$	$f[\text{Khz}]$	$L_l[\text{dBu}]$	$Z_{l0}[\Omega]$
10	-4,6	250,37	-6,6	183,15	214,14
30	-12	86,18	-7	172,54	121,94
50	-10,8	101,10	-10,4	106,71	103,87
80	-10,2	109,65	-12,5	80,71	94,07
100	-12,5	80,71	-10,7	102,47	90,94
200	-12,4	81,77	-11,2	95,82	88,52
300	-12,3	82,85	-12,2	83,94	83,40
500	-12,6	79,66	-12,6	79,66	79,66
700	-13	75,63	-12,8	77,62	76,62
900	-13	75,63	-12,9	76,61	76,12
1100	-13,2	73,69	-13	75,63	74,65
1300	-13,1	74,65	-13	75,63	75,14
1500	-13	75,63	-13	75,63	75,63
1700	-13	75,63	-13	75,63	75,63
1900	-12,9	76,61	-13	75,63	76,12
2100	-13	75,63	-13	75,63	75,63
2300	-13,2	73,69	-13,2	73,69	73,69
2500	-13	75,63	-13	75,63	75,63

Tabulka D.1: *Rezistivita mědi v literatuře*

ρ [$\mu\Omega \cdot m$]	t [$^{\circ}C$]	Zdroj
0,0175	20	http://www.converter.cz/tabulky/merny-odpor.htm
0,0169	20	https://cs.wikipedia.org/wiki/Rezistivita
0,017	20	http://elektross.gjn.cz/konstanty.html
0,018	20	http://kabinet.fyzika.net/studium/tabulky/merny-odpor.php
0,0178	20	http://213.151.86.106/sipvz/ze/tema/5.odpor_vodivost/5.odpor_vodivost.html.html
0,0168	20	https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_resistivity_and_conductivity
0,0178	20	http://www.eshop.elektrokomponenty.cz/novinky/merny-odpor-a-merna-vodivost-pri-teplote-20-c/
0,01724	20	http://www.engineeringtoolbox.com/resistivity-conductivity-d_418.html
0,0168	20	http://chemistry.about.com/od/moleculescompounds/a/Table-Of-Electrical-Resistivity-And-Conductivity.htm
0,0168	20	http://hydrogen.physik.uni-wuppertal.de/hyperphysics/hyperphysics/hbase/tables/rstiv.html
0,0168	20	http://www.resistorguide.com/resistivity/

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 2

Typ kabelu:	SYKY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	1184-1684 m
Vlastní Označení cívky:	2	Dodací délka:	500 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400----40568		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	86,7	86,8	86,9	87	86,8	79,2	78,7
Nejnižší naměřená	86	86,1	86,2	85,9	86,1	60,5	62,7
Střední	86,3	86,4	86,6	86,5	86,5	70	71,3

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [nF/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	86,006	86,065	86,203	86,183	69,74	71,9	86,114	70,82	0,01691
2	28.2.2017	86,661	86,779	86,917	86,996	75,38	78,62	86,838	77	0,01705
3	1.3.2017	86,427	86,467	86,585	86,545	79,14	76,7	86,506	77,92	0,01699
4	2.3.2017	86,386	86,465	86,604	86,584	66,04	68,42	86,51	67,23	0,01699
5	3.3.2017	86,094	86,173	86,292	86,272	64,28	66,5	86,208	65,39	0,01693
6	6.3.2017	85,965	86,183	86,222	85,906	66,48	66,3	86,069	66,39	0,01705
7	7.3.2017	86,458	86,537	86,576	86,695	79,16	76,7	86,567	77,93	0,01699
8	8.3.2017	86,522	86,62	86,738	86,718	64,48	66,56	86,65	65,52	0,01699
9	9.3.2017	86,61	86,669	86,906	86,926	75,22	78,7	86,778	76,96	0,01704
10	10.3.2017	86,274	86,333	86,471	86,53	60,48	62,74	86,402	61,61	0,01697

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 3

Typ kabelu:	SYKY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	1686-2183 m
Vlastní Označení cívky:	3	Dodací délka:	500 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400----40544		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	87,1	88,5	87,1	87,1	87,2	75,4	79,5
Nejnižší naměřená	86	86	86,2	86,2	86,2	60,7	60,2
Střední	86,6	86,7	86,8	86,6	86,7	69,2	71,2

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	86,387	86,268	86,228	86,39	67,83	70,26	86,317	69,044	0,01695
2	28.2.2017	87,144	86,886	87,045	87,12	74,51	74,71	87,05	74,608	0,01709
3	1.3.2017	86,534	86,455	86,633	86,49	75,39	79,36	86,529	77,374	0,01699
4	2.3.2017	86,749	86,788	87,027	86,89	71,87	74,35	86,863	73,109	0,01706
5	3.3.2017	86,177	86,256	86,475	86,34	61,73	64,09	86,311	62,907	0,01695
6	6.3.2017	86,107	86,186	86,504	85,97	63,66	63,88	86,191	63,773	0,01709
7	7.3.2017	86,505	86,525	86,842	86,55	75,27	79,46	86,604	77,364	0,01699
8	8.3.2017	86,748	86,808	87,064	86,87	66,22	68,91	86,872	67,565	0,01706
9	9.3.2017	86,994	86,835	86,974	86,92	74,71	74,93	86,93	74,819	0,01707
10	10.3.2017	86,993	88,475	86,756	86,68	60,46	62,27	87,225	61,368	0,01713

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 4

Typ kabelu:	SYKY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	2184-2681 m
Vlastní Označení cívky:	4	Dodací délka:	500 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400----40513		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	87	86,9	86,9	86,9	86,9	75,8	73
Nejnižší naměřená	86	86	86,2	86,2	86,2	60,7	62,2
Střední	86,5	86,5	86,6	86,6	86,5	67,9	68,5

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	86,624	86,129	86,169	86,21	71,21	72,96	86,283	72,082	0,01694
2	28.2.2017	86,985	86,926	86,866	86,87	75,76	71,77	86,911	73,763	0,01706
3	1.3.2017	86,455	86,573	86,633	86,69	69,18	70,89	86,588	70,03	0,017
4	2.3.2017	86,51	86,55	86,609	86,61	64,47	65,98	86,57	65,221	0,017
5	3.3.2017	86,137	86,256	86,356	86,32	60,74	62,17	86,266	61,459	0,01694
6	6.3.2017	86,047	86,027	86,365	86,29	60,66	62,33	86,181	61,499	0,01706
7	7.3.2017	86,505	86,664	86,723	86,76	69,18	71,09	86,664	70,131	0,017
8	8.3.2017	86,492	86,61	86,887	86,69	69,05	70,66	86,669	69,859	0,017
9	9.3.2017	86,915	86,855	86,835	86,86	75,76	71,81	86,865	73,783	0,01706
10	10.3.2017	86,301	86,42	86,479	86,48	63,36	64,93	86,42	64,145	0,01697

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 5

Typ kabelu:	SYKY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	2682-3179 m
Vlastní Označení cívky:	5	Dodací délka:	500 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400----4058		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	87,1	89,6	87,1	87	89,1	71,6	70,3
Nejnižší naměřená	86,1	86,2	86,2	86,3	86,3	56,5	57,5
Střední	86,5	86,9	86,6	87,5	86,9	64,2	64,9

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	86,129	89,573	86,248	94,64	68,59	70,28	89,147	69,437	0,0175
2	28.2.2017	87,065	87,025	87,065	86,99	71,57	69,58	87,035	70,573	0,01709
3	1.3.2017	86,356	86,475	86,554	86,48	64,91	66,38	86,465	65,644	0,01698
4	2.3.2017	86,53	86,609	86,729	86,69	60,04	61,81	86,639	60,926	0,01701
5	3.3.2017	86,157	86,236	86,356	86,3	56,52	57,89	86,261	57,203	0,01694
6	6.3.2017	86,166	86,166	86,226	86,58	56,72	57,69	86,286	57,203	0,01709
7	7.3.2017	86,664	86,585	86,624	86,53	64,95	66,5	86,599	65,724	0,01698
8	8.3.2017	86,729	86,827	86,985	86,89	67,1	68,45	86,857	67,777	0,01701
9	9.3.2017	87,074	86,935	86,974	86,95	71,65	69,56	86,984	70,604	0,01708
10	10.3.2017	86,4	86,479	86,597	86,5	59,72	61,35	86,494	60,533	0,01698

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 6

Typ kabelu:	SYKY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	3181-4176 m
Vlastní Označení cívky:	6	Dodací délka:	1000 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400.8399		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	86,6	86,7	86,8	86,8	86,7	71	71,2
Nejnižší naměřená	85,9	96	96	96,1	96	64,8	66,1
Střední	86,3	86,4	86,5	86,5	86,4	68,5	69,8

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	85,894	86,023	86,092	86,07	67,42	69,21	86,021	68,312	0,01689
2	28.2.2017	86,6	86,729	86,799	86,81	69,55	72,66	86,734	71,106	0,01703
3	1.3.2017	86,299	86,437	86,496	86,49	71,02	69,52	86,43	70,266	0,01697
4	2.3.2017	86,473	86,602	86,671	86,66	70,22	71,92	86,602	71,07	0,017
5	3.3.2017	86,09	86,229	86,289	86,28	64,84	66,27	86,222	65,558	0,01693
6	6.3.2017	86,06	86,159	86,03	86,21	64,84	66,07	86,115	65,457	0,01703
7	7.3.2017	86,379	86,458	86,517	86,56	70,92	69,62	86,478	70,266	0,01697
8	8.3.2017	86,346	86,484	86,533	86,53	68,2	69,93	86,474	69,065	0,017
9	9.3.2017	86,53	86,699	86,728	86,71	69,55	72,74	86,666	71,146	0,01702
10	10.3.2017	86,214	86,343	86,392	86,39	68,76	70,46	86,335	69,613	0,01695

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 7

Typ kabelu:	SYKY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	4177-5173 m
Vlastní Označení cívky:	7	Dodací délka:	1000 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400.8383		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	86,7	86,8	86,9	86,8	86,8	74,4	76,8
Nejnižší naměřená	86	86	86,3	86	86,2	65,2	67,4
Střední	86,4	86,5	86,6	86,5	86,5	70,3	72

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	85,976	86,016	86,401	86,25	74,45	76,77	86,161	75,607	0,01692
2	28.2.2017	86,702	86,801	86,88	86,83	72,09	75,9	86,803	73,996	0,01704
3	1.3.2017	86,242	86,37	86,449	86,4	73,94	71,96	86,365	72,947	0,01696
4	2.3.2017	86,535	86,634	86,723	86,67	69,07	71,31	86,641	70,186	0,01701
5	3.3.2017	86,232	86,262	86,341	86,29	65,24	67,43	86,281	66,335	0,01694
6	6.3.2017	86,152	86,192	86,37	86,02	65,32	67,44	86,184	66,381	0,01704
7	7.3.2017	86,322	86,421	86,5	86,47	73,97	72,18	86,428	73,072	0,01696
8	8.3.2017	86,623	86,742	86,83	86,77	68,39	70,4	86,742	69,398	0,01701
9	9.3.2017	86,691	86,75	86,75	86,76	72,1	75,99	86,738	74,046	0,01703
10	10.3.2017	86,266	86,394	86,473	86,41	68,6	70,64	86,387	69,623	0,01696

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 8

Typ kabelu:	SYKY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	5147-6169 m
Vlastní Označení cívky:	8	Dodací délka:	1000 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400.8394		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	84,1	84	84,3	84,2	84,1	69,7	69,2
Nejnižší naměřená	83,4	83,5	83,7	83,6	83,6	61,5	63,3
Střední	83,7	83,8	84	83,9	83,9	65,1	66

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	83,394	83,5	83,693	83,62	64,09	66,3	83,551	65,196	0,01641
2	28.2.2017	84,052	83,984	84,274	84,24	69,57	67,61	84,136	68,591	0,01652
3	1.3.2017	83,701	83,817	83,98	83,89	65,43	67,08	83,848	66,257	0,01646
4	2.3.2017	83,879	83,966	84,159	84,08	61,95	63,58	84,021	62,764	0,0165
5	3.3.2017	83,613	83,69	83,893	83,82	62,3	63,93	83,753	63,116	0,01644
6	6.3.2017	83,535	83,526	83,757	83,77	62,25	64,03	83,646	63,141	0,01652
7	7.3.2017	83,798	83,866	84,001	83,97	65,37	66,99	83,909	66,179	0,01646
8	8.3.2017	83,824	83,901	84,103	84,02	61,52	63,27	83,961	62,392	0,0165
9	9.3.2017	83,955	83,916	84,109	84,07	69,66	68,08	84,013	68,87	0,0165
10	10.3.2017	83,725	83,783	83,994	83,91	68,5	69,16	83,852	68,831	0,01646

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 9

Typ kabelu:	SYKY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	6170-7167 m
Vlastní Označení cívky:	9	Dodací délka:	1000 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400.8373		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	86,2	86,3	86,5	86,4	86,4	69,1	71,7
Nejnižší naměřená	85,7	85,8	85,9	85,9	85,9	60,7	62,4
Střední	86	86,1	86,2	86,2	86,1	66	67,8

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	85,732	85,831	86,028	85,93	67,95	69,51	85,88	68,731	0,01686
2	28.2.2017	86,189	86,308	86,545	86,45	69,11	71,72	86,372	70,411	0,01696
3	1.3.2017	85,899	86,007	86,204	86,12	68,85	70,54	86,057	69,694	0,0169
4	2.3.2017	86,18	86,299	86,458	86,38	68,24	69,93	86,329	69,082	0,01695
5	3.3.2017	85,789	85,917	86,106	86,01	60,76	62,42	85,955	61,59	0,01688
6	6.3.2017	85,719	85,848	85,947	85,94	60,66	62,47	85,863	61,565	0,01696
7	7.3.2017	86,038	86,077	86,176	86,19	68,75	70,64	86,119	69,694	0,0169
8	8.3.2017	86,044	86,163	86,35	86,26	64,74	66,35	86,204	65,547	0,01695
9	9.3.2017	86,06	86,159	86,376	86,37	69,11	71,75	86,24	70,426	0,01693
10	10.3.2017	85,943	86,061	86,238	86,15	61,52	62,75	86,098	62,131	0,01691

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 10

Typ kabelu:	SYKY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	7169-8165 m
Vlastní Označení cívky:	10	Dodací délka:	1000 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400.8386		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	85,9	86,6	86,8	86,7	86,7	71,7	73,6
Nejnižší naměřená	85,9	85,9	86	86	85,9	62,2	63,7
Střední	86,2	86,3	86,4	86,4	86,3	66,1	67,5

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	85,877	85,867	85,996	86,03	71,73	73,55	85,942	72,641	0,01687
2	28.2.2017	86,543	86,613	86,751	86,73	66,57	68,37	86,66	67,47	0,01702
3	1.3.2017	86,192	86,281	86,409	86,34	66,68	68,45	86,306	67,565	0,01695
4	2.3.2017	86,425	86,505	86,634	86,55	69,2	67,66	86,53	68,429	0,01699
5	3.3.2017	85,994	86,073	86,202	86,14	62,24	63,95	86,103	63,092	0,01691
6	6.3.2017	85,924	86,003	86,132	86,04	62,24	63,74	86,026	62,987	0,01702
7	7.3.2017	86,223	86,253	86,371	86,42	66,66	68,53	86,317	67,595	0,01695
8	8.3.2017	86,397	86,466	86,594	86,52	65,37	66,88	86,493	66,124	0,01699
9	9.3.2017	86,493	86,532	86,701	86,66	66,57	68,37	86,597	67,47	0,017
10	10.3.2017	86,138	86,226	86,355	86,29	64,26	65,87	86,251	65,065	0,01694

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 11

Typ kabelu:	SYKFY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	2843-3341 m
Vlastní Označení cívky:	11	Dodací délka:	500 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400----40529		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	88	87,8	88,1	87,8	87,9	91,7	88,5
Nejnižší naměřená	86,8	87	87,3	87	87	75,3	73
Střední	87,5	87,4	87,7	87,5	87,5	84	81,7

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	86,904	86,964	87,26	87	82,17	79,4	87,033	80,783	0,01709
2	28.2.2017	88,039	87,762	88,079	87,78	91,57	88,45	87,915	90,01	0,01726
3	1.3.2017	87,86	87,307	87,584	87,43	87,31	84,76	87,544	86,034	0,01719
4	2.3.2017	87,567	87,626	87,944	87,67	87,77	87,17	87,701	87,47	0,01722
5	3.3.2017	87,075	87,115	87,432	87,19	75,26	73,13	87,204	74,197	0,01712
6	6.3.2017	86,806	87,044	87,559	87,12	75,36	72,95	87,133	74,157	0,01726
7	7.3.2017	87,931	87,378	87,655	87,54	87,47	84,82	87,625	86,145	0,01719
8	8.3.2017	87,678	87,717	88,012	87,82	86,19	84	87,806	85,09	0,01722
9	9.3.2017	87,988	87,651	88,047	87,81	91,73	88,35	87,874	90,04	0,01725
10	10.3.2017	87,252	87,331	87,607	87,37	75,54	73,49	87,39	74,518	0,01716

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 12

Typ kabelu:	SYKFY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	3342-3842 m
Vlastní Označení cívky:	12	Dodací délka:	500 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400----40525		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	87,2	87,4	87,6	87,5	87,4	98,5	96,3
Nejnižší naměřená	86,6	86,4	86,6	86,7	86,6	75,5	73,6
Střední	86,9	86,9	87,1	87	87	85,5	84,5

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	86,557	86,616	86,891	86,7	91,74	88,9	86,69	90,32	0,01702
2	28.2.2017	87,174	87,391	87,588	87,45	91,7	91	87,401	91,35	0,01716
3	1.3.2017	86,899	86,997	87,174	87,06	82,14	84,86	87,032	83,5	0,01709
4	2.3.2017	86,959	87,039	87,197	87,08	78,74	76,3	87,068	77,52	0,0171
5	3.3.2017	86,628	86,687	86,904	86,83	75,84	73,58	86,761	74,71	0,01704
6	6.3.2017	86,558	86,419	86,637	86,76	75,54	73,56	86,592	74,55	0,01716
7	7.3.2017	87,009	87,049	87,245	87,13	82,14	84,9	87,108	83,52	0,01709
8	8.3.2017	86,797	86,817	87,032	86,93	87,3	84,24	86,895	85,77	0,0171
9	9.3.2017	87,182	87,241	87,517	87,38	91,68	91,02	87,33	91,35	0,01715
10	10.3.2017	86,883	86,982	87,139	87,04	98,54	96,28	87,011	97,41	0,01708

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 13

Typ kabelu:	SYKFY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	3843-4343 m
Vlastní Označení cívky:	13	Dodací délka:	500 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400----40555		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	87,7	88,2	88,1	88,2	87,9	83,1	89,4
Nejnižší naměřená	87	87	87	87,1	87	74,7	72,7
Střední	87,4	87,4	87,5	87,5	87,5	84,8	82,2

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	86,97	87,009	87,049	87,09	85,08	82,96	87,029	84,02	0,01709
2	28.2.2017	87,608	88,24	87,746	88,16	93	89,32	87,939	91,16	0,01727
3	1.3.2017	87,351	87,371	87,391	87,43	90,04	87,36	87,386	88,7	0,01716
4	2.3.2017	87,493	87,592	87,552	87,57	82,24	79,6	87,552	80,92	0,01719
5	3.3.2017	87,102	87,181	87,201	87,18	74,72	73,48	87,166	74,1	0,01712
6	6.3.2017	87,229	87,13	87,111	87,15	74,9	72,66	87,155	73,78	0,01727
7	7.3.2017	87,501	87,442	87,58	87,5	90,24	87,18	87,506	88,71	0,01716
8	8.3.2017	87,7	87,778	88,092	87,8	88,3	85,52	87,842	86,91	0,01719
9	9.3.2017	87,517	88,168	87,774	87,99	93,06	89,36	87,862	91,21	0,01725
10	10.3.2017	87,276	87,375	87,394	87,41	76,66	74,24	87,365	75,45	0,01715

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 14

Typ kabelu:	SYKFY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	4348-4844 m
Vlastní Označení cívky:	14	Dodací délka:	500 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400----40558		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	87,6	87,8	88	87,9	87,8	91,7	91,7
Nejnižší naměřená	86,9	87,2	87,3	87,3	87,2	75,5	73,4
Střední	87,3	87,5	87,7	87,6	87,5	84,9	83,5

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	87,116	87,195	87,275	87,3	85,08	91,73	87,22	88,407	0,01713
2	28.2.2017	87,081	87,638	87,917	87,92	91,65	89,9	87,638	90,776	0,01721
3	1.3.2017	87,422	87,521	87,778	87,64	89,38	87,2	87,59	88,286	0,0172
4	2.3.2017	87,581	87,701	87,94	87,82	82,16	80,16	87,76	81,159	0,01723
5	3.3.2017	87,167	87,287	87,526	87,39	75,75	73,43	87,341	74,587	0,01715
6	6.3.2017	86,897	87,156	87,256	87,32	75,48	73,63	87,156	74,556	0,01721
7	7.3.2017	87,612	87,592	87,751	87,73	89,29	87,66	87,671	88,478	0,0172
8	8.3.2017	87,635	87,754	87,972	87,83	88,93	86,59	87,799	87,762	0,01723
9	9.3.2017	87,011	87,587	87,766	87,91	91,65	89,7	87,567	90,675	0,01719
10	10.3.2017	87,366	87,485	87,683	87,56	79,19	74,9	87,525	77,046	0,01719

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 15

Typ kabelu:	SYKFY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	4845-5345 m
Vlastní Označení cívky:	15	Dodací délka:	500 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400----40534		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	87,8	87,9	87,9	88	87,9	90,7	88,7
Nejnižší naměřená	87,1	87,2	87,2	87,3	87,3	77,1	75,2
Střední	87,5	87,6	87,6	87,7	87,6	85,2	83,1

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	87,58	87,344	87,226	87,44	90	87,34	87,398	88,67	0,01716
2	28.2.2017	87,707	87,884	87,924	87,98	90,24	88,48	87,875	89,36	0,01725
3	1.3.2017	87,607	87,803	87,882	87,82	90,66	88,5	87,779	89,58	0,01724
4	2.3.2017	87,473	87,632	87,711	87,69	82,88	80,52	87,627	81,7	0,01721
5	3.3.2017	87,102	87,26	87,319	87,34	77,48	75,2	87,255	76,34	0,01713
6	6.3.2017	87,229	87,19	87,288	87,31	77,06	75,22	87,254	76,14	0,01725
7	7.3.2017	87,835	87,875	87,934	87,91	90,26	88,56	87,89	89,41	0,01724
8	8.3.2017	87,582	87,798	87,857	87,88	83,88	81,38	87,778	82,63	0,01721
9	9.3.2017	87,616	87,912	87,853	87,89	90,44	88,68	87,818	89,56	0,01724
10	10.3.2017	87,257	87,434	87,493	87,51	79,04	76,74	87,424	77,89	0,01717

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 16

Typ kabelu:	SYKFY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	5346-6346 m
Vlastní Označení cívky:	16	Dodací délka:	1000 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400.8395		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	87,3	87,4	87,6	87,4	87,4	92,4	89,8
Nejnižší naměřená	86,6	86,7	86,8	86,7	86,7	82,4	80,6
Střední	87	87,1	87,2	87,1	87,1	86,7	83,8

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	86,576	86,754	86,783	86,74	92,4	89,8	86,714	91,1	0,01703
2	28.2.2017	87,312	87,421	87,569	87,4	90,4	85,6	87,426	88	0,01717
3	1.3.2017	86,889	87,007	87,086	87,04	85,98	83,12	87,005	84,55	0,01708
4	2.3.2017	87,197	87,295	87,404	87,35	82,42	80,59	87,31	81,505	0,01714
5	3.3.2017	86,796	86,904	86,984	86,94	84,38	81,95	86,907	83,165	0,01706
6	6.3.2017	86,726	86,735	87,012	87	84,39	81,95	86,869	83,17	0,01717
7	7.3.2017	86,95	87,068	87,098	87,12	86,12	83,38	87,058	84,75	0,01708
8	8.3.2017	87,111	87,229	87,327	87,27	83,81	81,58	87,234	82,695	0,01714
9	9.3.2017	87,182	87,34	87,517	87,33	90,41	85,62	87,342	88,015	0,01715
10	10.3.2017	86,913	87,021	87,109	87,06	86,78	84,34	87,026	85,56	0,01709

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 17

Typ kabelu:	SYKFY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	6349-7347 m
Vlastní Označení cívky:	17	Dodací délka:	1000 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400.8400		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	87,6	87,6	87,6	87,7	87,6	90,2	97,2
Nejnižší naměřená	86,8	87	87,1	87,1	87	79,6	77
Střední	87,2	87,4	87,4	87,5	87,4	84,3	82,4

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	86,811	87,067	87,057	87,15	90,24	87,18	87,02	88,709	0,01709
2	28.2.2017	87,637	87,646	87,627	87,66	83,28	84,59	87,641	83,934	0,01721
3	1.3.2017	87,153	87,33	87,37	87,4	86,94	84,26	87,313	85,601	0,01714
4	2.3.2017	87,393	87,581	87,601	87,64	82,77	79,97	87,554	81,371	0,01719
5	3.3.2017	87,031	87,219	87,258	87,3	79,57	77,04	87,202	78,303	0,01712
6	6.3.2017	87,069	86,961	87,198	87,23	79,57	77,07	87,114	78,318	0,01721
7	7.3.2017	87,264	87,352	87,431	87,48	87,07	84,46	87,382	85,766	0,01714
8	8.3.2017	87,355	87,532	87,571	87,63	80,66	78,18	87,522	79,419	0,01719
9	9.3.2017	87,565	87,556	87,556	87,63	83,33	84,62	87,575	83,974	0,0172
10	10.3.2017	87,177	87,354	87,383	87,41	89,5	86,63	87,332	88,063	0,01715

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 18

Typ kabelu:	SYKFY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	7349-8349 m
Vlastní Označení cívky:	18	Dodací délka:	1000 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400.8385		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	87,4	87,5	87,6	87,7	87,6	89,5	89,4
Nejnižší naměřená	86,3	86,8	86,9	86,9	86,8	80,6	78,4
Střední	87	87,2	87,3	87,3	87,2	84,7	83,5

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	86,655	86,773	86,931	86,9	88,91	86,47	86,815	87,69	0,01705
2	28.2.2017	87,411	87,519	87,579	87,75	86,6	87,7	87,564	87,15	0,01719
3	1.3.2017	86,988	87,155	87,253	87,24	89,5	89,2	87,16	89,35	0,01711
4	2.3.2017	87,325	87,464	87,552	87,57	81,1	78,67	87,478	79,885	0,01718
5	3.3.2017	86,914	87,053	87,142	87,17	80,59	78,4	87,07	79,495	0,0171
6	6.3.2017	86,252	87,081	87,12	87,1	80,71	78,42	86,888	79,565	0,01719
7	7.3.2017	87,068	87,226	87,334	87,27	89,52	89,39	87,223	89,455	0,01711
8	8.3.2017	87,219	87,356	87,445	87,46	81,84	79,79	87,371	80,815	0,01718
9	9.3.2017	87,34	87,448	87,527	87,74	86,61	87,79	87,515	87,2	0,01718
10	10.3.2017	87,021	87,139	87,247	87,26	81,25	78,96	87,166	80,105	0,01711

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 19

Typ kabelu:	SYKFY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	8349-9349 m
Vlastní Označení cívky:	19	Dodací délka:	1000 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400.8391		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	87,2	87,2	87,4	87,4	87,3	87,6	86,3
Nejnižší naměřená	86,6	86,6	86,6	86,7	86,6	79,6	77,2
Střední	86,9	86,9	87	87,1	87	84,4	82,9

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	86,557	86,557	86,665	86,7	86,54	84,36	86,621	85,45	0,01701
2	28.2.2017	87,164	87,184	87,352	87,37	84,5	86,2	87,268	85,35	0,01713
3	1.3.2017	86,801	86,85	86,958	86,99	85,59	83,17	86,899	84,38	0,01706
4	2.3.2017	87,088	87,127	87,226	87,27	79,55	77,22	87,177	78,385	0,01712
5	3.3.2017	86,766	86,796	86,914	86,95	84,79	82,51	86,858	83,65	0,01705
6	6.3.2017	86,597	86,627	86,647	86,98	84,78	82,33	86,713	83,555	0,01713
7	7.3.2017	86,891	86,921	86,999	87,03	85,36	83,26	86,96	84,31	0,01706
8	8.3.2017	86,964	86,993	87,111	87,14	80,62	78,32	87,052	79,47	0,01712
9	9.3.2017	87,054	87,074	87,271	87,3	84,5	86,28	87,175	85,39	0,01712
10	10.3.2017	86,854	86,874	86,982	87,03	87,56	84,98	86,935	86,27	0,01707

Protokol o měření kabelového vedení na cívce č. 20

Typ kabelu:	SYKFY 2x2x0,5	Potisk ZK-KK:	9350-348 m
Vlastní Označení cívky:	20	Dodací délka:	1000 m
Teplota:	20 °C	Měřil:	Jiří Rozkošný
Číslo bubnu:	400.8387		
Průměr jádra:	0,5 mm		

Celkové vyhodnocení kabelu:

Měřený parametr	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	R [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]
Počet měření	10	10	10	10	10	10	10
Nejvyšší naměřená	86,8	86,7	86,8	86,8	86,7	79,9	81
Nejnižší naměřená	86,1	86,2	86,2	86,3	86,2	72,7	70,6
Střední	86,4	86,4	86,5	86,5	86,4	77,4	75,8

Naměřené hodnoty - přepočtené

č. m.	datum	R_a [Ω/km]	R_b [Ω/km]	R_c [Ω/km]	R_d [Ω/km]	C_{ab} [nF/km]	C_{cd} [nF/km]	$R_{prumerny}$ [Ω/km]	$C_{prumerna}$ [Ω/km]	$\rho_{vypoctene}$ [μΩ·m]
1	27.2.2017	86,119	86,159	86,247	86,27	74,74	72,95	86,198	73,843	0,01692
2	28.2.2017	86,676	86,716	86,775	86,82	79,86	80,96	86,745	80,411	0,01703
3	1.3.2017	86,266	86,295	86,374	86,41	77,61	75,04	86,337	76,323	0,01695
4	2.3.2017	86,777	86,48	86,53	86,6	72,66	70,59	86,596	71,623	0,017
5	3.3.2017	86,227	86,257	86,356	86,38	78,94	76,7	86,304	77,821	0,01695
6	6.3.2017	86,167	86,197	86,306	86,27	79,03	76,47	86,234	77,751	0,01703
7	7.3.2017	86,366	86,415	86,435	86,36	77,63	74,94	86,393	76,283	0,01695
8	8.3.2017	86,44	86,46	86,548	86,59	74,76	72,72	86,509	73,737	0,017
9	9.3.2017	86,586	86,665	86,705	86,75	79,91	80,94	86,678	80,426	0,01702
10	10.3.2017	86,309	86,329	86,418	86,45	79	76,67	86,376	77,836	0,01696